ಬೆಳ್ಳಿ ಹಬ್ಬದ ಪ್ರಕಟನೆ–5

ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ
ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ಪ್ರಕಟನೆ–96

ಪ್ರಧಾನ ಸಂಪಾದಕರು
ಡಾ॥ ಎಂ. ಎಸ್. ಸುಂಕಾಪುರ

ಲೇಸರ್

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿ

ಡಾ. ಎಂ. ಆಯ್. ಸವದತ್ತಿ (ಕಾರ್ಯಾಧ್ಯಕ್ಷರು)
ಪ್ರೊ. ಆರ್. ಎಸ್. ಭೂಸನೂರಮಠ
ಪ್ರೊ. (ಶ್ರೀಮತಿ) ಚೂಡಾರತ್ನ ತಿಗಡಿ
ಪ್ರಿ. ಎನ್. ಸಿ. ಚರಂತಿಮಠ

ಲೇಸರ್

(Supplementary book in Physics)

ಲೇಖಕರು

ಪ್ರೊ. ಡಿ. ಆರ್. ಬಳೂರಗಿ

ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ

೧೯೭೩

Institute of Kannada Studies
Text Book Directorate, Karnatak University, Dharwar

Chief Editor
Dr. M. S. Sunkapur, M.A., Ph.D.

Laser – a supplementary book in Physics by Prof. D. R. Balurgi. Publication of the Text-Book Directorate of the Institute of Kannada Studies. Published by the Registrar, Karnatak University, Dharwar, (1975)

Published under the centrally sponsored scheme for the Production of Books and Literature in Regional Languages at the University Level, Government of India, Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi

Prof. S. M. Vrushabhendra Swamy, M. A.
Director, Text-Book Directorate

Publisher: Shri S. S. Wodeyar, M.A., LL.B.
Registrar, Karnatak University, Dharwar

Price: **Ordinary: Rs. 10-00**
Half Calico: Rs. 13-00

First Edition: 1975 *Copies: 1000*

Printers : V. B. Satyan, Kapila Power Press, Nanjangud

ಹಾರೈಕೆ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಕರ್ನಾಟಕದ ಸರ್ವಾಂಗೀಣ ಪ್ರಗತಿಗಾಗಿ ದುಡಿಯುತ್ತಿದೆ. ವಿವಿಧ ವಿಜ್ಞಾನ, ಮಾನವಿಕಶಾಸ್ತ್ರ, ಭಾಷೆ, ಧರ್ಮ, ಸಂಸ್ಕೃತಿ, ಸಾಹಿತ್ಯ ಮುಂತಾದ ಎಲ್ಲ ಜ್ಞಾನಶಾಖೆಗಳಿಗೂ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ನೀಡಿ, ವಿಶ್ವ ವಿದ್ಯಾಲಯ ನಿಜವಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯೆಯ ಆಲಯವೇ ಆಗಿದೆ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಗುರಿಯನ್ನಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮುನ್ನಡೆಯುತ್ತಿದೆ. ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಬೆಳ್ಳಿಯಹಬ್ಬವನ್ನಾಚರಿಸುತ್ತಿರುವ ಈ ಶುಭ ವರ್ಷ ನಮ್ಮ ಹಿಂದಿನ ಸಾಧನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಮುಂದಿನ ಗುರಿಯತ್ತ ನಡೆಯಲು ಸ್ಫೂರ್ತಿ ನೀಡುತ್ತಿದೆ.

ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ ವಿವಿಧ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿ, ತನ್ನ ಪಾಲಿನ ಕರ್ತವ್ಯವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತ ಬಂದಿರುವುದು ಸಂತಸದ ವಿಷಯ. ಇಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆ, ಸಂಪಾದನೆ, ಅನುವಾದ, ಪಠ್ಯ ಹಾಗೂ ಪಠ್ಯೇತರ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಭಿನ್ನಭಿನ್ನ ಶಾಖೆಗಳು ಭರದಿಂದ ಕಾರ್ಯ ನಿರತವಾಗಿವೆ. ಹಲವಾರು ಉಪಯುಕ್ತ ಕೃತಿಗಳಿಂದ ಕನ್ನಡದ ಕಣಜವನ್ನು ತುಂಬಿವೆ.

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ ವಿಭಾಗವು ಕೇಂದ್ರ ಹಾಗೂ ರಾಜ್ಯಸರಕಾರಗಳ ಯೋಜನೆಯ ಅಂಗವಾಗಿ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂದು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ, ವಿಜ್ಞಾನ, ಕಲೆ, ಮಾನವಿಕ ಕಾಯ್ದೆ, ಎಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಶಿಕ್ಷಣ, ವೈದ್ಯಕೀಯ ಮೊದಲಾದ ವಿವಿಧ ಶಾಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಪದವಿ ಹಾಗೂ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ವರ್ಗಗಳಿಗೆ ಆವಶ್ಯಕವಾದ ಪಠ್ಯ ಹಾಗೂ ಪೂರಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ನೂರಾರು ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿರುವುದು ಹೆಮ್ಮೆಯ ಸಂಗತಿ. ಕನ್ನಡವನ್ನು ವಿವಿಧ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ, ಕಾಲೇಜು ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವ ವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಈ ಕಾರ್ಯ ಕ್ರಮವನ್ನು ಹಮ್ಮಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ಜ್ಞಾನಸಮಸ್ತವನ್ನು ಕನ್ನಡಿಗರಿಗೆ

ನೀಡುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯವು ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ, ಪೂರಕ ಗ್ರಂಥ, ಜನಪ್ರಿಯ ಪುಸ್ತಕ, ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಕೋಶಗಳೊಡನೆ ಅನುವಾದ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನೂ ಈಗಾಗಲೇ ಪ್ರಕಟಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಹಾಗೂ ಕಾಲೇಜುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರತರಾಗಿರುವ ಅನುಭವಿಕ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು ಹಾಗೂ ಇತರ ತಜ್ಞರು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಈ ಪ್ರಕಟನೆಗಳು ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಿಗೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೂ ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೂ ಬಹು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಗ್ರಂಥಗಳಾಗಿವೆ. ತಾಯ್ನುಡಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು, ಬೋಧಿಸಲು ಮತ್ತು ಬರೆಯಲು ಈ ಕೃತಿಗಳು ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕವಾಗಿವೆ, ಸ್ಫೂರ್ತಿ ನೀಡುತ್ತಿವೆ. ಜನತೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾ ಪ್ರಸಾರಮಾಡುವ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಗುರಿ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಲ್ಲುತ್ತಿರುವುದು; ತನ್ಮೂಲಕ ಜನತೆಯ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡು, ಶ್ರೀ ಸಾಮಾನ್ಯರ ಋಣವನ್ನು ತೀರಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಅಭಿಮಾನದ ಸಂಗತಿ. ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ ತನ್ನ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ಮೂಲಕ ಈ ಪುಣ್ಯ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಅವ್ಯಾಹತವಾಗಿ ನೆರವೇರಿಸಲೆಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇವೆ. ಕನ್ನಡವನ್ನು ಸಂಪದ್ಭರಿತವಾಗಿಸುವ ಈ ಪ್ರೀತಿಯ ಕಾಯಕದಲ್ಲಿ ನಿರತರಾದವರೆಲ್ಲ ಅಭಿನಂದನಾರ್ಹರು. ಅವರ ಸೇವೆ ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆಯಲೆಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇವೆ.

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಧಾರವಾಡ

ಡಾ. ಆರ್. ಸಿ. ಹಿರೇಮಠ
ಕುಲಪತಿಗಳು

ಮುನ್ನುಡಿ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠವು ಕನ್ನಡಿಗರ ಆಶೋತ್ತರಗಳನ್ನು ನೆರವೇರಿಸುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ನಿರತವಾಗಿದೆ. ಬೋಧನೆ, ಸಂಶೋಧನೆ ಹಾಗೂ ಪ್ರಕಟನೆ ಈ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಮೂರು ಕಣ್ಣುಗಳು. ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ ಕೀರ್ತಿ ಈ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠಕ್ಕಿದೆ. ವಚನವಾಙ್ಮಯ, ಜೈನ ಹಾಗೂ ವೈಷ್ಣವ ಸಾಹಿತ್ಯ, ಜನಪದ ಹಾಗೂ ಭಾಷಾಶಾಸ್ತ್ರ ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಧ್ಯಯನ ಹಾಗೂ ಅಧ್ಯಾಪನದ ಜೊತೆಗೆ ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಪುಟದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲು ನೆರವಾಗುವ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಬರೆಯಿಸಿ, ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಮೀಸಲಾಗಿರುವ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ ಈಗಾಗಲೇ ನೂರಾರು ಕೃತಿಗಳನ್ನು ನೀಡಿ ಸಾಧಿಸಿದೆ. ವಿವಿಧ ಕಾಲೇಜುಗಳ ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು ಮತ್ತು ಇತರ ತಜ್ಞರು ಈ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ವಿಭಾಗವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ, ಪೂರಕಗ್ರಂಥ ಹಾಗೂ ಜನಪ್ರಿಯ ಪುಸ್ತಕ ಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಹಮ್ಮಿಕೊಂಡಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಉಪಕ್ರಮಗಳಿಂದ ಕನ್ನಡ ವಾಙ್ಮಯ ಆಧುನಿಕ ಜ್ಞಾನವಾಹಿನಿಯಾಗುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಪ್ರೌಢ ವ್ಯಾಸಂಗ ಹಾಗೂ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಕನ್ನಡ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ತಾಯ್ನುಡಿಯಲ್ಲಿ ನೀಡಲು, ಆಧುನಿಕ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಜನಸಾಮಾನ್ಯರತ್ತ ಹರಿಸಲು ನೆರವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಯೇ ಶಿಕ್ಷಣ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ, ಕನ್ನಡವೇ ಆಡಳಿತ ಭಾಷೆಯಾಗಿ, ನ್ಯಾಯಾಲಯಗಳ ಭಾಷೆಯಾಗಿ ಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವ ಈ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ಈ ಕಾರ್ಯ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಸೇವೆಯಾಗಿದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯ ಇನ್ನೂ ಭರದಿಂದ ಸಾಗಲೆಂದು ಆಶಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಧಾರವಾಡ

ಎಂ. ಎಸ್. ಸುಂಕಾಪುರ
ನಿರ್ದೇಶಕರು, ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ

ಪೀಠಿಕೆ

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯವು ಹಮ್ಮಿಕೊಂಡಿರುವ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟನೆಯ ಕಾರ್ಯವು ಕ್ರಮೇಣ ಜನಪ್ರಿಯವಾಗುತ್ತಿರುವುದು ಸಂತಸದ ಸಂಗತಿ. ಕಾಲೇಜು ಶಿಕ್ಷಣದ ಎಲ್ಲ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡವೇ ಶಿಕ್ಷಣವಾಗುವ ಕಾಲ ಬಹು ದೂರವಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಎಲ್ಲರೂ ಒಮ್ಮನಸ್ಸಿನಿಂದ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತರಾಗಬೇಕಾಗಿದೆ. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆದುಬಂದ ದಾರಿಗಿಂತ ನಡೆಯಬೇಕಾದ ದಾರಿಯೇ ನಿಡಿದಾಗಿದೆ. ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ಎಲ್ಲ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ನೀಡುತ್ತಿರುವ ಕುಲಪತಿಗಳೂ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯಸಂಯೋಜಕ ಸಮಿತಿಯ ಅಧ್ಯಕ್ಷರೂ ಆಗಿರುವ ಡಾ. ಆರ್. ಸಿ. ಹಿರೇಮಠ ಅವರಿಗೂ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ನೀಡುತ್ತಿರುವ ಕಾರ್ಯಸಂಯೋಜಕ ಸಮಿತಿ (Co-ordination Committee)ಯ ಸದಸ್ಯರಾದ ಸರ್ವಶ್ರೀ ಪಾಟೀಲ ಪುಟ್ಟಪ್ಪ, ಪ್ರಿ. ಎಸ್. ಎಸ್. ಬೊಮ್ಮಣ್ಣವರ, ಡಾ. ಸಿ. ಸಿ. ಪಟ್ಟಣಶೆಟ್ಟಿ, ಪ್ರಿ. ಡಿ. ಮರಿಯಪ್ಪ, ಡಾ. ರಾ. ಯ. ಧಾರವಾಡಕರ, ಶ್ರೀ ಸಿ. ಎಸ್. ಕಣವಿ, ಡಾ. ಹಾ. ಮಾ. ನಾಯಕ, ಶ್ರೀ ಕೆ. ಸಿ. ಶಿವಪ್ಪ ಮತ್ತು ಕುಲ ಸಚಿವರು ಇವರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು. ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ರಚನೆಯ ಹೊಣೆ ಹೊತ್ತ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿಯವರಿಗೂ, ಗ್ರಂಥಕರ್ತರಿಗೂ, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಕಟನ ವಿಭಾಗದವರಿಗೂ ನಮ್ಮ ವಂದನೆಗಳು. ಕುಲಸಚಿವ ಶ್ರೀ ಸದಾಶಿವ ಒಡೆಯರ ಅವರ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ಮತ್ತು ಸಹಕಾರವನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಸ್ಮರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ.

'ಲೇಸರ್' ಎಂಬ ಗ್ರಂಥವು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಷಯದ ಪೂರಕ ಗ್ರಂಥವಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳ ಬಗೆಗಿನ ಇತ್ತೀಚಿನ ಸಮಗ್ರ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆ, ಪ್ರಕಾರಗಳು, ಉಪಯೋಗಗಳು ಇತ್ಯಾದಿಗಳ ಬಗೆಗೆ ಸರಳ ಶೈಲಿಯಲ್ಲಿ ಜನಸಾಮಾನ್ಯ

ರಿಗೂ ಅಭಿರುಚಿ ಹುಟ್ಟುವಂತೆ ವಿವೇಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ರಾಯಚೂರಿನ ಎಲ್. ವಿ. ಡಿ. ಕಾಲೇಜಿನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾದ ಪ್ರೊ. ಡಿ. ಆರ್. ಬಳೂರಗಿಯವರು ಪರಿಶ್ರಮವಹಿಸಿ ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿಯು ಇದರ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಸಲಹೆ ಸೂಚನೆಗಳನ್ನು ಪೂರಕ ಗ್ರಂಥ ವೆಂದು ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಶಿಫಾರಸು ಮಾಡಿದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿಯ ಅಧ್ಯಕ್ಷರು ಹಾಗೂ ಸದಸ್ಯರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು.

ಭಾರತ ಸರಕಾರದ ಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಸಮಾಜ ಕಲ್ಯಾಣ ವಿಭಾಗವು ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಮಟ್ಟದ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಯೋಜನೆಗನುಗುಣ ವಾಗಿ ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯವು ಈ ಗ್ರಂಥ ವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದೆ.

ಈ ಗ್ರಂಥದ ಕರಡಚ್ಚುಗಳನ್ನು ತಿದ್ದಲು ನೆರವಾದ ಲೇಖಕರಿಗೂ, ನಿರ್ದೇಶ ನಾಲಯದ ವಿಜ್ಞಾನವಿಭಾಗದ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಕ ಅಧ್ಯಾಪಕರಾದ ಪ್ರೊ. ದೇವೇಂದ್ರ ಕುಮಾರ ಹಕಾರಿಯವರಿಗೂ ಹಾಗೂ ಸಂಶೋಧನ ಸಹಾಯಕರಾದ ಶ್ರೀ. ಎಂ. ಆಯ್. ಅರಳಗುಪ್ಪಿಯವರಿಗೂ ನಮ್ಮ ವಂದನೆಗಳು. ಸುಂದರವಾದ ಮುಖಪುಟವನ್ನು ಒದಗಿಸಿದ ಕಲಾಕಾರ ಶ್ರೀ ಜಿ. ಕೆ. ಮೂರ್ತಿ ಹಾಗೂ ಮುದ್ರಣವನ್ನು ಅಚ್ಚುಕಟ್ಟಾಗಿ ನೆರವೇರಿಸಿದ ನಂಜನಗೂಡಿನ ಕಪಿಲಾ ಪವರ್ ಪ್ರೆಸ್ಸಿನ ಮಾಲಕರ ಹಾಗೂ ಕೆಲಸಗಾರರ ಸೇವೆಯನ್ನು ಸ್ಮರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ
ಕ. ವಿ. ವಿ., ಧಾರವಾಡ
1-4-1975

ಎಸ್. ಎಂ. ವೃಷಭೇಂದ್ರ ಸ್ವಾಮಿ
ನಿರ್ದೇಶಕರು

ಅರಿಕೆ

ಲೇಸರ್ ವಿಜ್ಞಾನವು ಇಂದು ಅಪಾರವಾದ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದೆ. ವಿಶ್ವದ ಬಹುಸಂಖ್ಯಾತ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಲಿವೆ. ಸುಮಾರು ಮೂರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ 'ವಿಜ್ಞಾನ ಭಾರತಿ' ಗಾಗಿ ಇದೇ ವಿಷಯದ ಮೇಲೆ ಲೇಖನವೊಂದನ್ನು ಬರೆದೆ. ಅದನ್ನೇ ವಿಸ್ತರಿಸಿ ಹಾಗೂ ಮತ್ತಷ್ಟು ವಿಷಯ ಸಂಗ್ರಹಣೆಮಾಡಿ ಪುಸ್ತಕವನ್ನೇಕೆ ಬರೆಯಬಾರದು ಎಂದೆನಿಸಿತು. ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ನನ್ನ ಪೂಜ್ಯ ಗುರುಗಳಾದ ಡಾ॥ ಎಂ. ಐ. ಸವದತ್ತಿಯವರ ಮುಂದಿರಿಸಿದಾಗ ಅವರು ತುಂಬು ಹೃದಯದಿಂದ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸಿದರು. ಇಂದು ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಹೊರಬರಲು ಅವರು ನೀಡಿದ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹವೇ ಕಾರಣ ಮತ್ತು ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬರೆಯಲು ಸಹಾಯಕವಾಗಬಲ್ಲ ಸಾಹಿತ್ಯವನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಟ್ಟು ಉಪಕರಿಸಿದ ನನ್ನ ಪೂಜ್ಯ ಗುರುಗಳಾದ ಡಾ॥ ವ್ಹಿ. ಎಮ್. ಕೋರವಾರ ಅವರಿಗೆ ನಾನು ಋಣಿ.

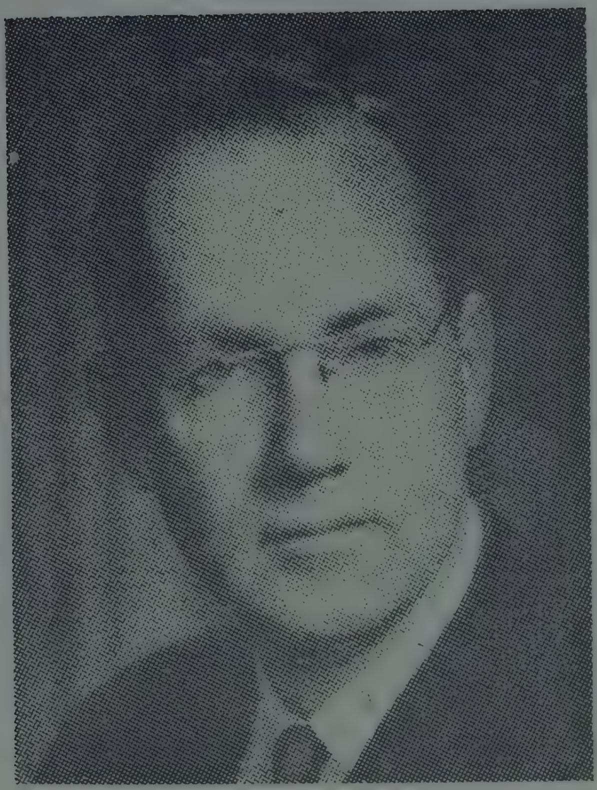
ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಗ್ರಂಥಗಳ ರಚನೆ ಇನ್ನೂ ಸ್ಥಿತ್ಯಂತರಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳ ಬಳಕೆ ನಿಖರವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಲಾರೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಲೇಸರ್ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ತೀವ್ರಗತಿಯಿಂದ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಕಾರಣದಿಂದ ಈ ಪುಸ್ತಕವು ವಿಷಯದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಪರಿಚಯವನ್ನು ನೀಡುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಅದು ಅಸಹಜವೇನಲ್ಲ. ನನಗೆ ದೊರೆತ ಸೌಲಭ್ಯಗಳ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ, ವಿಷಯವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುವ ಪ್ರಾಮಾಣಿಕ ಯತ್ನವನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದೇನೆಂದು ಹೇಳಬಲ್ಲೆ.

ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಯನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟ, ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಪ್ರೊ ॥ ಎಸ್. ಎಂ. ವೃಷಭೇಂದ್ರಸ್ವಾಮಿ ಅವರನ್ನು ಕೃತಜ್ಞತೆಯಿಂದ ಸ್ಮರಿಸುವೆ. ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬರೆಯಲು ನನಗೆ ಅನೇಕ

ವಿಧದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ, ಸಹಾಯ ಹಾಗೂ ಸಹಕಾರಗಳನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿರುವ ನನ್ನ ಆತ್ಮೀಯ ಮಿತ್ರರಾದ ಶ್ರೀ ಅರಳಗುಪ್ಪಿ ಹಾಗೂ ಪ್ರೊ॥ ಗೋಪಾಲ ಆಶ್ರಿತ ಅವರನ್ನು ನೆನೆಯುತ್ತೇನೆ.

ರಾಯಚೂರು
ಏಪ್ರಿಲ್ 2, 1975 ಡಿ. ಆರ್. ಬಳೂರಗಿ

ಪ ರಿ ವಿ ಡಿ



ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸಿ. ಹೆಚ್. ಟೌನ್ಸ್



ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮೈಮಾನ್.

ಪೀಠಿಕೆ

ವಿಜ್ಞಾನ ನಡೆದು ಬಂದ ದಾರಿಯನೊಮ್ಮೆ ಹಿಂದೆ ತಿರುಗಿ ನೋಡಿದರೆ, ಅನೇಕ ಮೈಲುಗಲ್ಲುಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಮಾನವನ ಜೀವನವನ್ನು ಸುಗಮಗೊಳಿಸಿದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಆವಿಷ್ಕಾರವೂ, ವಿಜ್ಞಾನ ಸಾಗಿಬಂದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಮೈಲುಗಲ್ಲೇ ಆಗಿದೆ. ಔಷಧಿಗಳು, ರೈಲು, ವಿಮಾನ, ರೇಡಿಯೋ, ರಾಡಾರ್, ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಮುಂತಾದವುಗಳ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲಬಹುದಾದ ಇತ್ತೀಚಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರವೆಂದರೆ ಲೇಸರ್. ಲೇಸರ್ ಒಂದು ಬಗೆಯ ಬೆಳಕು ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಬೆಳಕೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದು "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" ಎಂಬ ಆಂಗ್ಲ ಭಾಷೆಯ ಪದಸಮುಚ್ಚಯದ ಪ್ರಥಮಾಕ್ಷರಗಳನ್ನಾಯ್ದುಕೊಂಡು ರಚಿಸಲಾದ ಹ್ರಸ್ವರೂಪೀ ಪದ. ಈ ಪದಸಮುಚ್ಚಯದ ಅರ್ಥವು "ವಿಕಿರಣ ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರವರ್ಧನೆ" ಯೆಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಲೇಸರಿನ ಬಗ್ಗೆ ಸರಿಯಾದ ತಿಳುವಳಿಕೆಯುಂಟಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಮಂಡಿಸಲಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸ್ಥೂಲವಾದ ಜ್ಞಾನವಾದರೂ ಇರುವುದು ಅಗತ್ಯ.

1.1 ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪ

ವಸ್ತುಗಳು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಬೆಳಕು ಅವಶ್ಯ. ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯವಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅನೇಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದರು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಮಾತ್ರ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಉಳಿದುಕೊಂಡವು. ಒಂದು ಆಂಗ್ಲ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಸಿದ್ಧಾಂತ, ಇನ್ನೊಂದು ಡಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಹೈಗೆನ್ಸ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತ. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ವಾದದ ಮೇರೆಗೆ ಬೆಳಕು ಭಾರ ರಹಿತವಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಣಗಳು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಗೋಡೆಗೆ

ಓರೆಯಾಗಿ ಎಸೆಯಲಾದ ಚೆಂಡು ಇನ್ನೊಂದು ಬದಿಗೆ ಅಷ್ಟೇ ಓರೆಯಾಗಿ ಪುಟಿಯುವಂತೆ ಈ ಕಣಗಳೂ ಕೂಡ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತವೆ. ವಾಯುವಿನಂತಹ ವಿರಲ ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ನೀರಿನಂತಹ ಸಾಂದ್ರ ಮಧ್ಯಮಂದೊಳಗೆ ಈ ಕಣಗಳು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಾಗ, ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳ ವೇಗವು ಅಧಿಕವಾಗಿ ಲಂಬರೇಖೆಯೆಡೆಗೆ ಒಲೆಯುತ್ತವೆ. ಇದೇ ವಕ್ರೀಭವನಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸತ್ಯವಾಗಿದ್ದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅಧಿಕವಾಗಿರಬೇಕು. ಹೈಗೆನ್ಸ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಧ್ವನಿಯಂತೆ ಬೆಳಕೂ ಕೂಡ ತರಂಗಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಧ್ವನಿಯು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಂತೆಯೇ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ಗಳೂ ಕೂಡ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತವೆ. ಧ್ವನಿಯಂತೆ ಬೆಳಕೂ ಕೂಡ ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸು ತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ಕೋಣೆಯ ಹೊರಬದಿಗೆ ಗೋಡೆಯ ಹತ್ತಿರ ನಿಂತು ಮಾತನಾಡಿದರೆ ಕೋಣೆಯಲ್ಲಿದ್ದವರಿಗೆ ಅದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕೇಳಿಸುತ್ತದೆಂಬುದು ನಮ್ಮೆಲ್ಲರಿಗೆ ಗೊತ್ತಿದ್ದ ವಿಷಯ. ಈ ಸಂಧರ್ಭದಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿಯ ಸರಳರೇಖಾ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಗೋಡೆಯು ಅಡ್ಡ ವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ಗೋಡೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಬಾಗಿಲಿನ ಮೂಲಕ ಕೋಣೆ ಯನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಬೇಕಷ್ಟೆ. ಅದೇ ರೀತಿಯಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳು ತಡೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಚಲಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಹೈಗೆನ್ಸ್‌ನಿಗೆ ವಿವರಿಸುವದಾಗ ಲಿಲ್ಲ. ಆಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನವಿನ್ನೂ ಅಷ್ಟು ಬೆಳೆದಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೈಗೆನ್ಸ್‌ನು ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಅಷ್ಟಕ್ಕೇ ಕೈಬಿಟ್ಟು, ತಾನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪಯೋಗಿಸಿ ವಕ್ರೀಭವನ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಮಾತ್ರ ವಿವರಿಸಿದನು. ತರಂಗಗಳು ವಿರಲ ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ಸಾಂದ್ರ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಾಗ, ಸಾಂದ್ರ ಮಾಧ್ಯ ಮದಲ್ಲಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಅವುಗಳ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ತಡೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳ ವೇಗ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ ಅವು ಲಂಬರೇಖೆಯತ್ತ ಒಲೆಯುತ್ತವೆಂದು ಅವನು ವಾದಿಸಿದನು. ಒಂದು ವೇಳೆ ಹೈಗೆನ್ಸ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸತ್ಯವಾಗಿದ್ದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿರುವದಕ್ಕಿಂತ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು.

ಹೀಗೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಕಣ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಹೈಗೆನ್ಸ್‌ನ ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತಗ ಳೆರಡೂ ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇವರ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾರ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸಮರ್ಪಕವಾದುದೆಂ ಬುದನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್ನನು ಹೈಗೆನ್ಸ್‌ನಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಖ್ಯಾತಿಯುಳ್ಳವನಾದ್ದರಿಂದ ಅವನ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನೇ ಹೆಚ್ಚು ಜನ ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಅಂದರೆ ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಫ್ರಾನ್ಸ್ ದೇಶದ ಫೊಕಾಲ್ಟ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು

ಕಂಡು ಹಿಡಿದನು. ಮತ್ತು ಅದು ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಅಂದಿನಿಂದ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಹಿಂದೆ ಸರಿಯಿತು. ಮತ್ತು ಹೈಗೆನ್ಸ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯ ದೊರೆಯಿತು. ಅದೇ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಯಂಗ್ ಹಾಗೂ ಫ್ರೆನೆಲ್ ಎಂಬಿಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬೆಳಕಿನವಿಷಯ ವಾಗಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಪುಷ್ಟಿಯನ್ನಿತ್ತವು.

ವಿವರ್ತನೆ, ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ತರಂಗಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದೇ ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಪ್ರಕಾಶ ವಿದ್ಯುತ್ಪ ರಿಣಾಮ, ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಪರಿಣಾಮದಂತಹ ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಪ್ಲಾಂಕನ 'ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ'ದ ಮೊರೆ ಹೋಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಂಕನು "ಬೆಳಕು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗದೆ ಬಿಡಿ ಬಿಡಿಯಾದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ಕಟ್ಟುಗಳಾಗಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆಂದು" ಸಾರಿದನು. ಬೆಳಕಿನ ಈ ಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು 'ಕ್ವಾಂಟಂ' ಗಳೆಂದು ಕರೆದನಲ್ಲದೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕ್ವಾಂಟಂನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಶಕ್ತಿ ಯನ್ನು $E=h\nu$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದನು. h, ಪ್ಲಾಂಕನ ಸ್ಥಿರಾಂಕವಿದ್ದು, ν, ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ವಿಕಿರಣದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯಿರುತ್ತದೆ. 'ಕ್ವಾಂಟಂ' ಗೆ ಫೋಟಾನ್‌ಎಂಬ ಹೆಸರು ರೂಢಿಯಲ್ಲಿದೆ. ಬೆಳಕು ಫೋಟಾನುಗಳ ಪ್ರವಾಹವೆಂದು ಭಾವಿಸಿ ಪ್ರಕಾಶ ವಿದ್ಯುತ್ಪರಿಣಾಮ ಮತ್ತು ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಫೋಟಾನಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಶಕ್ತಿ, ಆವೇಗ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ಲಾಂಕನ $E=h\nu$ ಮತ್ತು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್‌ನ $E=mc^2$ ($m=$ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ $c=$ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ) ಈ ಎರಡು ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಪಯೋಗಿಸಿ ಫೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಫೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ $$m_{ph}=\frac{h\nu}{c^2} \quad (1.1)$$

ಫೋಟಾನಿನ ಆವೇಗ $$p=m_{ph}\,C=\frac{h\nu}{c}=\frac{h}{\lambda} \quad (1.2)$$

λ-ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗದೂರವಿರುತ್ತದೆ. ಫೋಟಾನು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅದಕ್ಕೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು, ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗಲೂ ಕೂಡ ಅವಕ್ಕೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಫೋಟಾನು ಮತ್ತು ಇತರ ಸಾಮಾನ್ಯಕಣಗಳ ನಡುವಿರುವ ಭಿನ್ನತೆ.

1924ರಲ್ಲಿ ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಡಿಬ್ರೊಗ್ಲಿಯು, ಫೋಟಾನುಗಳಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಯಾವುದೇ ಕಣವು ತರಂಗ ಗುಣಧರ್ಮವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದಲ್ಲದೆ ಆದರ ಆವೇಗ ವನ್ನು $p=\frac{h}{\lambda}$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಸೂಚಿಸಬಹುದೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾವುದೊಂದು ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ವೇಗ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ m ಹಾಗೂ v ಇದ್ದರೆ, ಕಣದ ಸಹಚರ ತರಂಗದ ತರಂಗದೂರ

$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv} \qquad (1.3)$$

ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ $m=\frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣವು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ m_0 ಇರುತ್ತದೆ. ಕಣದ ವೇಗ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದರೆ ($v<<c$), $m\simeq m_0$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಡಿಬ್ರೊಗ್ಲಿಯ ವಾದವನ್ನೇ ವಿಸ್ತರಿಸಿ ತರಂಗ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸಬಲ್ಲ ಸಮೀಕರಣವೊಂದನ್ನು ಶ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಎಂಬ ಆಸ್ಟ್ರಿಯಾದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸೂಚಿಸಿದನು. ಆದಕ್ಕಾಗಿ ಆ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಆವನ ಹೆಸರಿನಿಂದಲೇ ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

1.2 ಶ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಸಮೀಕರಣ

ಈ ಸಮೀಕರಣವು ಕೇವಲ ಡಿಬ್ರೊಗ್ಲಿ ತರಂಗಗಳಿಗಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಯಾವ ಕಣಕ್ಕಾದರೂ ಅಥವಾ ಯಾವ ಕ್ವಾಂಟಂ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಾದರೂ ಅನ್ವಯಿಸುವಂಥ ಸರ್ವವ್ಯಾಪಿತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಗೊತ್ತಾದರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಗೆಯ ಗುರುತ್ವ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳ ಪ್ರಯೋಗವಾದರೂ, ಆ ಕಣದೊಡನೆ ಸಹಚರ (associated) ವಾಗುವ ಸಂಭವನೀಯ ತರಂಗಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಗೊತ್ತುಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತರಂಗಗಳೆಂದರೆ, ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸತಕ್ಕ ಫಲನಗಳು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಚಿಹ್ನೆಯು $\psi(x, y, z, t)$. ಈ ತರಂಗ ಫಲನದಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಎಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಪರಿಹಾರ (solution)ಗಳಿವೆ. ಶ್ರೋಡಿಂಗರ್

ಸಮೀಕರಣದ ಒಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಲದ ಪರಿಮಾಣವೂ ಇದೆ. ಅದನ್ನು (1.4)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

$$\nabla^2\psi + j\frac{4\pi m}{h}\frac{\delta\psi}{\delta t} - \frac{8\pi^2 m}{h^2}V\psi = o \qquad (1\text{-}4)$$

ಇದರಲ್ಲಿ ψ =ತರಂಗಫಲನ, $j=\sqrt{-1}$; V=ಕಣದ ವಿಭವಶಕ್ತಿ.

ಈ ಅವಕಲ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬಿಡಿಸಿದಾಗ ದೊರೆಯುವ ಪರಿಹಾರದ ಒಂದು ರೂಪವು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ.

$$\psi\ (x, y, z, t) = \Sigma C_n U_n\ (xyz)\ exp\left(-j\frac{2\pi W_n}{h}t\right) \qquad (1.5)$$

W_n, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಣವು ದೊರಕಿಸಬಲ್ಲ ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. $dx\ dy\ dz$ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಣವು ಇರಬಹುದಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆ $\psi\psi^*\ dx\ dy\ dz$ ಇರುತ್ತದೆ.

$$\psi^*\psi\ dx\ dy\ dz = \sum_{n,m} C_n^* C_m U_n^* U_m\ \ exp\left(-2\pi j\frac{W_m - W_n}{h}t\right) dx\ dy\ dz. \qquad (1.6)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು.

(1.6)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ $n=m$ ಇರುವ ಪದಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಕೆಳಗಿನ (1.7) ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬರೆಯಬಹುದು.

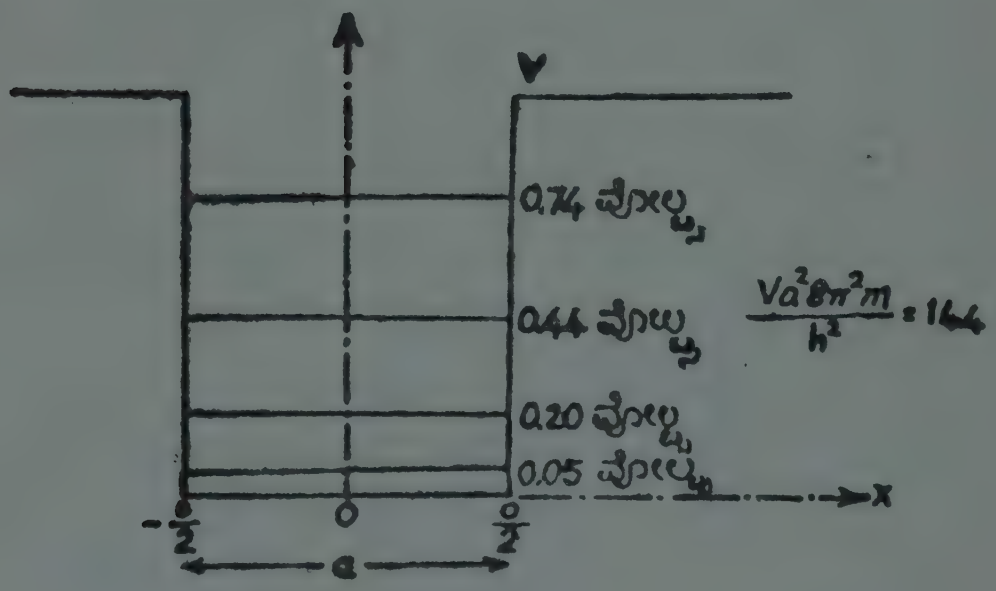
$$\psi^*\psi = \sum_n C_n^* C_n U_n^* U_n + 2\sum_{n,m} Re\ C_n^* C_n\ U_n^* U_m\ exp\left(-2\pi j\frac{W_m - W_n}{h}t\right) \qquad (1.7)$$

ಸಮೀಕರಣ (1–7)ರಲ್ಲಿ ಕಾಲ ಸಂಕೇತ (t)ವನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರದ ಪದಗಳು, ಕಣವು W_n ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ಕಾಲ ಸರಾಸರಿ ಸಂಭವನೀಯತೆ (time average probability) ಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಉಳಿದ ಪದಗಳು W_m ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ W_n ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ಸಂಕ್ರಮಗಳ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

ಏಕ ಆಯಾಮಂದ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿ, ವಿಭವ ಫಲನ Vಯಂ ಸ್ವರೂಪವು ಚಿತ್ರ 1.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇರುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ, ಆಗ $-a/_2 \leq x \leq a/_2$ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ψ ಫಲನವನ್ನು ಸಮೀಕರಣ 1.8ರಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$\psi = \Sigma A_n \cos\left(L_n x + \varphi\right) exp\left(-j\frac{2\pi W_n}{h}t\right) \quad (1.8)$$

$\alpha_n^2 = \dfrac{8\pi^2 m W_n}{h^2}$ ಮತ್ತು $\varphi = o$ ಅಥವಾ π ಇರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ (1.1)

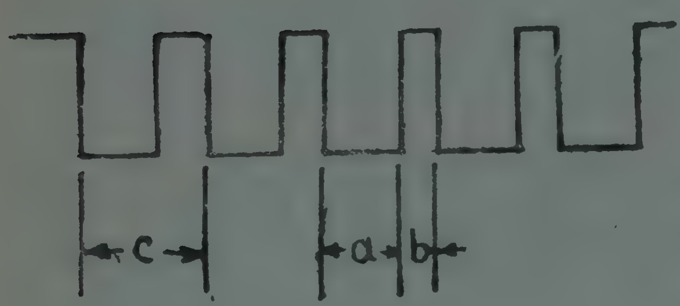
$W_n < V$ ಇದ್ದಾಗ, W_nದ ಶಕ್ತಿ ಮೌಲ್ಯಗಳು, ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿಯೂ $W_n > V$ ಇದ್ದಾಗ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ.

$V_a^2 = 18\ (h^2/\pi^2 m)$ ಇರುವ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ W_nದ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಕೆಳಗಿನಂತಿರುತ್ತವೆ.

$$W_1 = 0{\cdot}05V \quad W_2 = 0{\cdot}20V \quad W_3 = 0{\cdot}44V \quad W_4 = 0{\cdot}74V.$$

ವಿಭವಫಲನವು ಆವರ್ತೀಯವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವಾ. ಇದಕ್ಕುದಾಹರಣೆಯಾದ ಏಕ ಆಯಾಮ ಜಾಲಕವನ್ನು ಚಿತ್ರ (1.2)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ W_nದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು,

$$\cos kc = \frac{\beta^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta} \sin \alpha a \sin h\beta b + \cos \alpha a \cos h\beta b \tag{1.9}$$



ಚಿತ್ರ (1–2)

ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ. kಯು ಮೌಲ್ಯವು ನೈಜ n ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದು ಕಣವು ಜಾಲಕದ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. pಯು ಕಣದ ಆವೇಗವಿದ್ದರೆ, $k = \frac{2\pi p}{h}$ ಇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು (1.9)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿಯ α ಮತ್ತು β ದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$\alpha^2 = \frac{8\pi^2 mW}{h^2} \quad \beta^2 = \frac{8\pi^2 m(V-W)}{h^2} \tag{1.10}$$

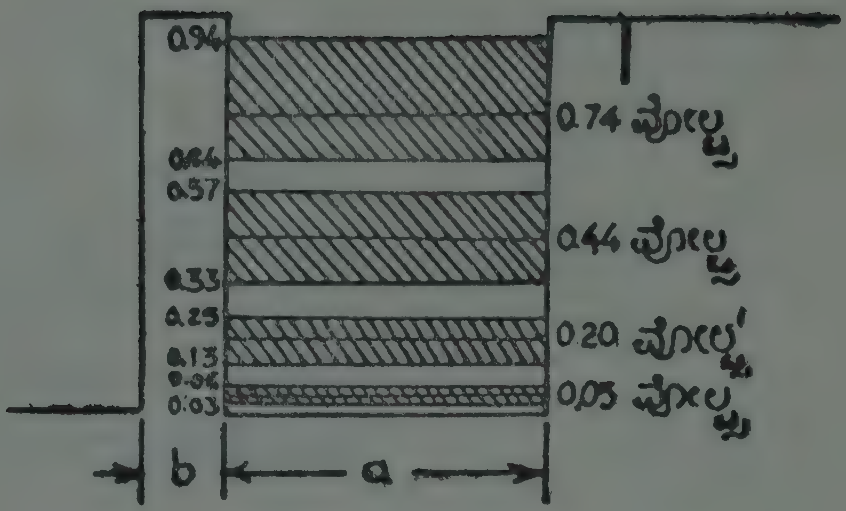
ಶಕ್ತಿ (W) ಮೌಲ್ಯಗಳು ಜಾಲಕದ ಆಯಾಮ ಮತ್ತು ವಿಭವ ಶಕ್ತಿ (V)ಯ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. $V_a^2 = \frac{18h^2}{\pi^2 m}$ ಮತ್ತು $\frac{a}{b} = 24$ ಇದ್ದಾಗ Wದ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಚಿತ್ರ (1.2)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಈ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗಳನ್ನು ಶಕ್ತಿಪಟ್ಟಿಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಚಿತ್ರ (1.1)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನೂ ಕೂಡ ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹ. $W < V$

$$0.03 \leq \frac{W}{V} \leq 0.06$$

$$0.13 \leq \frac{W}{V} \leq 0.25$$

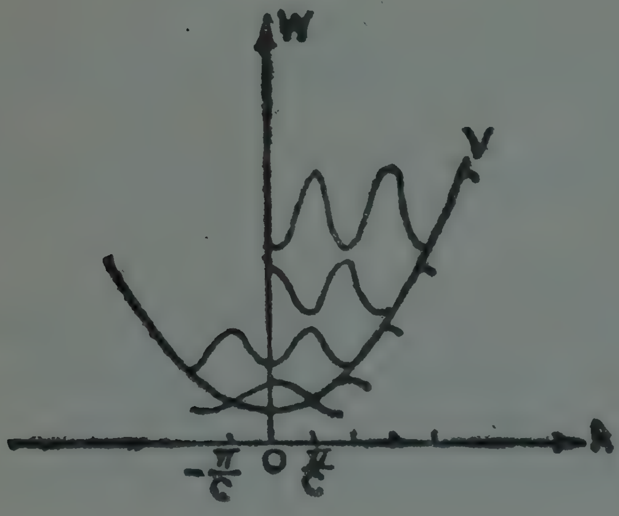
$$0.33 \leq \frac{W}{V} \leq 0.57$$

$$0.6 \leq \frac{W}{V} \leq 0.94$$



ಚಿತ್ರ (1–3)

ಇರುವ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಗಳು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ (1.3)ರಲ್ಲಿ (1,9)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿಯ k ಮತ್ತು Wಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. ಕನಿಷ್ಠ ಶಕ್ತಿಪಟ್ಟಿಯ ಶಕ್ತಿಯು $k=o$ ಇದ್ದಾಗ ಅಲ್ಪತಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ ಶಕ್ತಿಪಟ್ಟಿಗಳು $k=o$ ವಿದ್ದಾಗ ಕನಿಷ್ಠ ಅಥವಾ ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ (1–4)

ಮೇಲೆ ಎರಡು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದು ಒಂದೇ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕಣ ಹಾಗೂ ಇನ್ನೊಂದು ಅನಂತಜಾಲಕದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕಣ. ಇವೆರಡನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿತ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ಎರಡು ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸುವಾ.

1.3 ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣು

ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿದ್ದು, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಪ್ರೊಟಾನಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರೊಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯೊಂದಿಗೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಅದು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ. ಆದ್ದ

ರಿಂದ ಪ್ರೊಟಾನು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ (ಪ್ರೊಟಾನಿನ) ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿಭವ ಶಕ್ತಿಯು,

$$V(r)=\frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (1.11)$$

ಇದ್ದು, r ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸು ಮತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭಕ್ಕನುಗುಣವಾದ ಶ್ರೋಡಿಂಗರನ ಸಮೀಕರಣವು ಗೋಳೀಯ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿನಂತಿರುತ್ತದೆ.

$$\nabla^2\psi+\frac{8\pi^2 m}{h^2}(W-V)\psi=o \quad (1.12)$$

ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬಿಡಿಸಿದಾಗ ದೊರೆಯುವ ಪರಿಹಾರವು

$$\psi\,(r,\theta,\varphi) = R_{nl}\,(r)\,\Theta\,(\theta)\,\Phi\,(\varphi) \quad (1{\cdot}13)$$

ಆಗಿದ್ದು

$$\begin{aligned}\Phi(\varphi)&=\sin m\,\varphi+A_m\cos m\varphi\\ \Theta(\theta)&=B_l P_l^m\,(cos\theta)\\ R(r)&=exp\,(-r\sqrt{-W})\,r^l\Sigma c_n r^n\end{aligned} \quad (1{\cdot}14)$$

ಇರುತ್ತವೆ. ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ P_l^m $(\cos\theta)$ ಲೆಗೆಂಡ್ರೆಯು ಬಹುಪದಿ (Polynomial)ಗಳಿದ್ದು, A_m ಮತ್ತು B_l ಸ್ಥಿರಾಂಕಗಳಿರುತ್ತವೆ. m ಹಾಗೂ l ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಿದ್ದು ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ φ ಮತ್ತು θ ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. r ಅನಂತಗಾಮಿಯಾದಾಗ, $R(r)$ ಶೂನ್ಯಗಾಮಿಯಾಗುತ್ತದೆಂಬ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಒಡ್ಡಿದಾಗ ದೊರೆಯುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು (1.15) ರಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$W_n= -\frac{1}{n^2}\left(\frac{me^4}{8\epsilon_0{}^2h^2}\right),\; n=1,\,2,\,3 \quad (1.15)$$

ಮತ್ತು $o \leq l \leq n-1$

$|m| \leq l$ ಅಂದರೆ $m = -l, \ -l+1, \ -l+2, \ldots \ldots l-1, l$

n, l ಹಾಗೂ m ಇವುಗಳನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಪ್ರಧಾನ, ದಿಗಂಶ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ n ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರೆ, l ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುವ ಪಥದ ಆಕಾರವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುವಾಗ ಅದರ ಚಲನ ಪಥ ಒಂದೇ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮತಲವು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಸುತ್ತಲ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಯಾವ ರೀತಿ ಓರೆಯಾಗಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಮೂರನೆಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (m) ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ರೋಹಿತವನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಇನ್ನೊಂದು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿ ಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಯಿತು. ಆದೆಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಸುತ್ತ ಪರಿಭ್ರಮಿಸು ವದರೊಂದಿಗೆ, ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಬುಗುರಿಯಂತೆ ತಿರುಗುತ್ತಿರಬೇಕು. ಈ ಚಲನೆಯನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆಯಿಂದುಂಟಾ ಗುವ ಆವೇಗವನ್ನು ಭ್ರಮಣಕೋನಾವೇಗವೆಂದೆನ್ನುವರು ಮತ್ತು ಈ ಭ್ರಮಣ ಕೋನಾವೇಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಇನ್ನೊಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (s)ಅನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು. ಹೀಗೆ ಒಟ್ಟು ನಾಲ್ಕು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು (n, l, s ಮತ್ತು m) ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿ ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

ಸ್ಫಟಿಕಜಾಲಕದಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ,

1.4 ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವಿತರಣೆ

ಬೋರ್, ಸೊಮರ್‌ಫೀಲ್ಡ್ ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಕೆಲ ಸರಳ ರಚನೆಯ ಅಂದರೆ ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಮಾದರಿಯ (ಉದಾ. ಏಕ ಅಯಾನೀಕೃತ ಹೀಲಿಯಂ) ಪರಮಾಣುಗಳ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ವಿವರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಬಗೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿ ರುವುದರಿಂದ ಅದು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ಅಂತಹ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆ ಏಳುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರುವ ಪರ ಮಾಣುಗಳ ರೋಹಿತದ ರಚನೆ ಹೆಚ್ಚು ಜಟಿಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದೇ ರೀತಿಯಾಗಿ

ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೂ ಕೂಡ ಅಷ್ಟೇ ಜಟಿಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪೌಲಿ ಎಂಬ ರಶ್ಯದ ವಿಜ್ಞಾನಿಯೂ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಬಲ್ಲ ತತ್ವವೊಂದನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದನು. ಅವನ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರಲಿ, ಅವುಗಳ ಪೈಕಿ ಯಾವುದೇ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಎಲ್ಲ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಪೌಲಿಯ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವ **(Pauli's Exclusion Principle)** ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

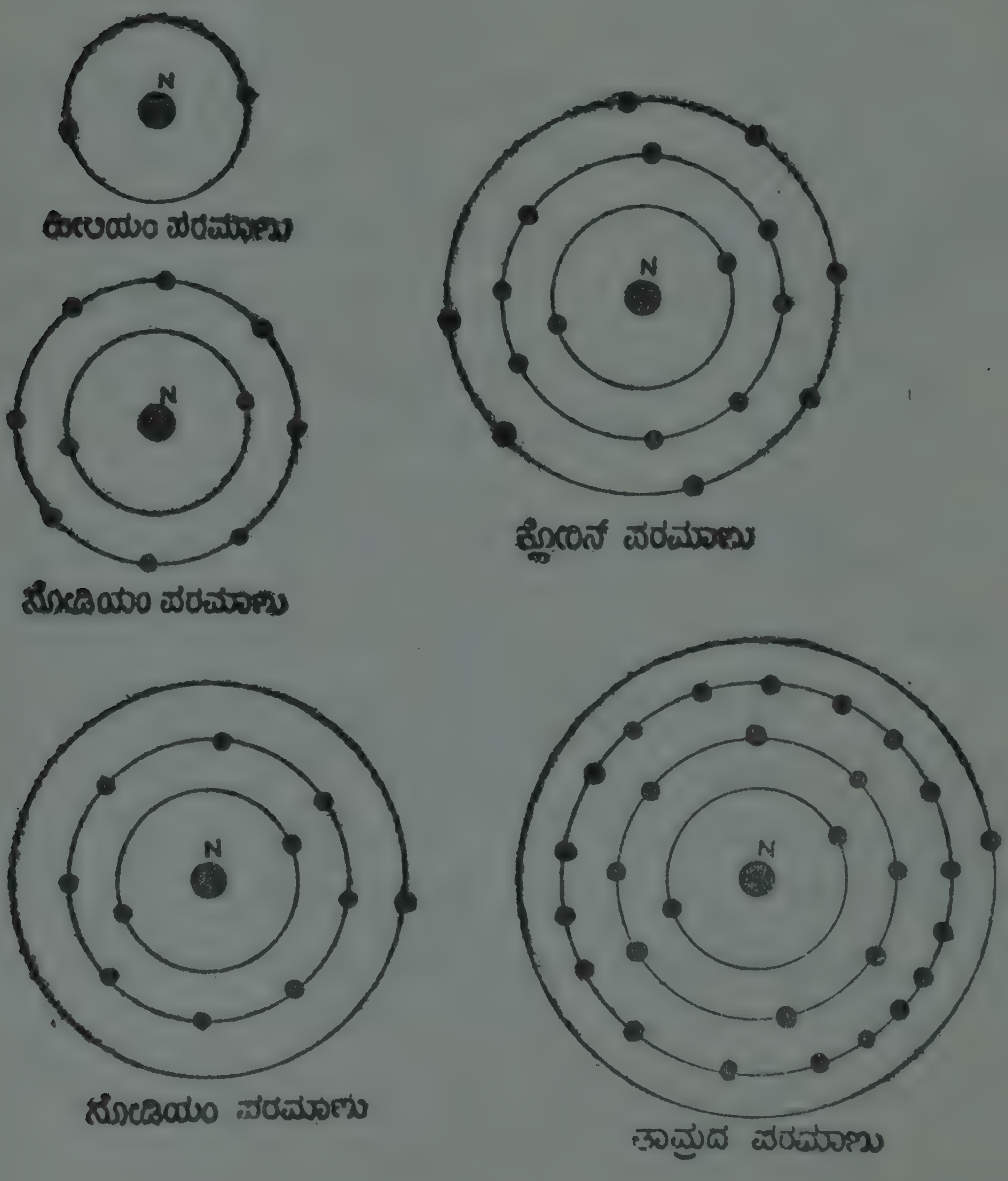
ಪೌಲಿಯ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವ್ಯವಸ್ಥಿತರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿತರಣೆಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗನುಸಾರವಾಗಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಅನೇಕ ಕವಚ ಉಪಕವಚಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರಧಾನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಯ (n) ಮೌಲ್ಯವು 1, 2, 3 ಹಾಗೂ 4 ಇರುವ ಕವಚಗಳನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ K, L, M ಹಾಗೂ N ಕವಚಗಳೆಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ n ಮೌಲ್ಯವಿರುವ ಕವಚಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಂಕೇತಾಕ್ಷರಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (l) ಗನುಗುಣವಾಗಿ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕವಚದಲ್ಲಿ ಉಪಕವಚಗಳನ್ನೂ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಯಾವುದೊಂದು ಕವಚದಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪರಮಾವಧಿ ಸಂಖ್ಯೆಯು, ಆ ಕವಚವನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವ ಪ್ರಧಾನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವರ್ಗದ ಇಮ್ಮಡಿಯಿರುತ್ತದೆ. n ಆ ಕವಚವನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಯಿದ್ದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $2n^2$ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಆ ಕವಚದಲ್ಲಿರಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ನಾವು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ ಪೌಲಿಯ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವದ ಉಲ್ಲಂಘನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪೌಲಿಯ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವದ ಮೇರೆಗೆ K ಕವಚದಲ್ಲಿ ಅತೀ ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ 2 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ, L ಕವಚದಲ್ಲಿ 8 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ, M ಕವಚದಲ್ಲಿ 18 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ, N ಕವಚದಲ್ಲಿ 32 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ ಇರುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ, ಕೆಲವೊಂದು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವಿತರಣೆಗೊಂಡ ರೀತಿಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

(i) ಹೀಲಿಯಂ (ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ–2):– ಇದರಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ 2, K ಕವಚದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಇರಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ,

ಹೀಲಿಯಂನ ಎರಡೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು K ಕವಚದಲ್ಲಿ ಸೇರಿ ಅದನ್ನು ಪೂರ್ತಿಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ.

(ii) ನಿಯಾನ್ (ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ–10):– ಇದರಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ 10. K ಕವಚದಲ್ಲಿ ಎರಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪೈಕಿ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು K ಕವಚದಲ್ಲಿಯೂ, ಉಳಿದ ಎಂಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು L ಕವಚದಲ್ಲಿ ಸೇರಿ ಅದನ್ನೂ ಪೂರ್ತಿಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ.

ಇದೇ ರೀತಿ ಅರ್ಗಾನ್ (18), ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ (36), ಕ್ಸಿನಾನ್ (54) ಮತ್ತು ರೇಡಾನ್ (86), ಈ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಆರಂಭದ ಕವಚಗಳನ್ನು ಭರ್ತಿಮಾಡುತ್ತಾ ಹೋಗಿ ಕೊನೆಯ ಅಥವಾ ಹೊರ ಕವಚವನ್ನೂ ಕೂಡ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ತುಂಬಿ ಬಿಡುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವು ಅತ್ಯಂತ ಸುಭದ್ರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ



ಚಿತ್ರ (1–5)

ಇವು ರಾಸಾಯನಿಕ ರೀತ್ಯಾ ಇನ್ನೊಂದು ಮೂಲವಸ್ತುವಿನೊಡನೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಇವುಗಳನ್ನು ಜಡಾನಿಲಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

(iii) ಕ್ಲೋರಿನ್ (ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ–17):– ಇದರಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಹದಿನೇಳು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪೈಕಿ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು K ಕವಚದಲ್ಲಿ ಎಂಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು L ಕವಚದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇನ್ನುಳಿದ ಏಳು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು M ಕವಚದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಈ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ M ಕವಚವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ತುಂಬಿಕೊಂಡಿರುವುದಿಲ್ಲ ವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

(iv) ಸೋಡಿಯಂ (ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ–11):– ಇದರಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಹನ್ನೊಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಪೈಕಿ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು K ಕವಚದಲ್ಲಿಯೂ, ಎಂಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು L ಕವಚದಲ್ಲಿಯೂ ಅಡಕವಾದ ನಂತರ ಉಳಿದ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು M ಕವಚವನ್ನು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

(v) ತಾಮ್ರ (ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ–29):– ಇದರಲ್ಲಿರುವ ಇಪ್ಪತ್ತೊಂಭತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪೈಕಿ, ಎರಡು K ಕವಚದಲ್ಲಿಯೂ, ಎಂಟು L ಕವಚ ದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಹದಿನೆಂಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು M ಕವಚದಲ್ಲಿ ತುಂಬಿಕೊಂಡನಂತರ ಉಳಿಯುವ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು N ಕವಚದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ (1-5) ರಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ಪರಿಗಣಿಸಿದಪ ರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ.

ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರವರ್ಧನೆ

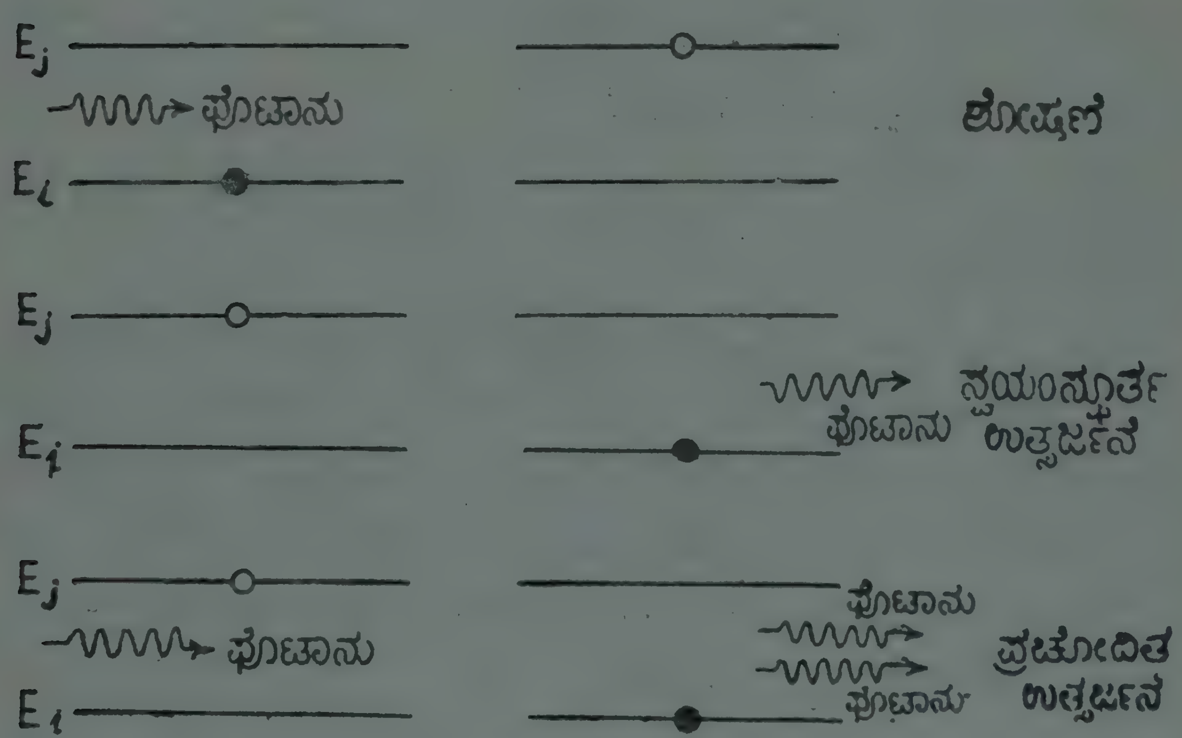
1.2 ವಸ್ತು ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ

ಯಾವುದೇ ಪರಮಾಣು ತಾನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲ ತರಂಗದೂರದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪ ದಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕನ್ನು, ತಣ್ಣಗಿರುವ ಸೋಡಿಯಂ ಆವಿಯಲ್ಲಿ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಆ ಬೆಳಕಿನ ಕಾಂತಿಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ನಮ್ಮ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೆಂದರೆ ಆವಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪದಿಂದ ಬಂದ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಕೆಲವೊಂದು ಪರಿಮಾಣದಷ್ಟು ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೇರುತ್ತವೆ. ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪದ ಬದಲಾಗಿ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಆಕರದಿಂದ ಬಂದ ಬೆಳಕು (ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ಅದರಲ್ಲಿರಕೂಡದು) ಅದೇ ಸೋಡಿಯಂ ಆವಿಯಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಹೋದಾಗ ಅದರ ಪ್ರಖರತೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಕೂಡ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿಕಿರಣವು ವಸ್ತುವಿನೊಡನೆ ಮೂರು ವಿಧವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಂಕನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಬೆಳಕು ಅಥವಾ ಯಾವುದೇ ವಿಕಿರಣವು ಫೋಟಾನಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣದ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಫೋಟಾನನ್ನು, ವಸ್ತುವಿನ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನೂ ಪರಿಗಣಿಸುವಾ.

(i) ಭೂಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಭೂಮಟ್ಟ ಹಾಗೂ ಆದಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ ಇವೆರಡರ ಶಕ್ತಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯಿರುವ ಫೋಟಾನಿನಿಂದ ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯಿಸಿದರೆ, ಅದು ಫೋಟಾನನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೇರುತ್ತದೆ ಇದನ್ನು ಶೋಷಣೆಯೆಂದೆನ್ನುವರು.

(ii) ನಂತರ ಆ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಅದೇ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಉಳಿಯಗೊಟ್ಟರೆ, ಅದು ತತ್‌ಕ್ಷಣ ಇಲ್ಲವೆ ಕೆಲವೇಳೆಯ ನಂತರ ತಾನು ಹೀರಿಕೊಂಡ ಫೊಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯಷ್ಟೇ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಫೊಟಾನನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಸ್ವಯಂ ಸ್ಫೂರ್ತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

(iii) ಒಂದು ವೇಳೆ ಪರಮಾಣು ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗಲೇ ಅಂದರೆ ಅದು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದಾಗಲೇ ಇನ್ನೊಂದು ಫೋಟಾನು ಅದನ್ನು ತಾಡಿಸಿದರೆ, ಆಗ ವಿಚಿತ್ರವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನವು ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವು ತನಗೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದ ಫೊಟಾನನ್ನು ಹಿರೀಕೊಳ್ಳುವುದರ ಬದಲಾಗಿ, ಈ ಮೊದಲೇ



ಚಿತ್ರ (2–1)

ತನ್ನೊಳಗೆ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿದ್ದ ಫೊಟಾನನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿಬಿಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದ ಫೋಟಾನು ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳದೇನೇ ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಪರಮಾಣು, ಫೊಟಾನನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವಂತೆ ಅದನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯೆಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದನೆ ನೀಡಿದ ಫೋಟಾನು ಹಾಗೂ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ

ಫೋಟಾನು, ಹೀಗೆ ಸಮನಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಎರಡು ಫೋಟಾನುಗಳು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಈ ಮೂರೂ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ(2–1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದೇ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನು ಗಣಿತ ರೀತ್ಯ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಅದನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

2.2 ಸಂಕ್ರಮ ಸಂಭವನೀಯತೆ

ಒಂದು ಪರಮಾಣು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ E_j ಮತ್ತು E_i ಶಕ್ತಿಯಿರುವ i ಮತ್ತು j ಶಕ್ತಿವಂಟ್ಟಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವಾ. $E_j > E_i$ ಇರಲಿ. i ಹಾಗೂ j ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ N_i ಮತ್ತು N_j ಇರುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. j ಮಟ್ಟದಿಂದ i ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮ ನಡೆದಾಗ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬೋರ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$N_j \left\{ A_{ji} + B_{ji} \ \rho(\nu) \right\} \tag{2–2}$$

ಇರುತದೆ. $\rho(\nu)$ — ವಿಕಿರಣ ಸಾಂದ್ರತೆ.

ಅಷ್ಟೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ i ಮಟ್ಟದಿಂದ j ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ನಡೆಯುವ ಸಂಕ್ರಮಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು $N_j B_{ij} \rho(\nu)$ ಇರುತ್ತದೆ.

B_{ij}, B_{ji} ಮತ್ತು A_{ji} ಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಶೋಷಣೆ, ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ಸ್ವಯಂ ಸ್ಫೂರ್ತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನ ಸಂಕ್ರಮ ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಗುಣಾಂಕಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನು "ಪ್ರತಿ ಏಕಮಾನಕಾಲದಲ್ಲಿ ಶೋಷಣೆ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು, ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು" ಸೂಚಿಸಿದನು. ಆದ್ದರಿಂದ

$$B_{ji} \rho(\nu) = B_{ij} \rho(\nu) \tag{2–3}$$

ಔಷ್ಣಿಕ ಸಮತೋಲನವಿದ್ದಾಗ

$$N_j \left\{ A_{ji} + B_{ji} \rho(\nu) \right\} = N_i B_{ij} \rho(\nu) \tag{2–4}$$

ಅಥವಾ $$\frac{N_j}{N_i} = \frac{B_{ij} \rho(\nu)}{A_{ji} + B_{ji} \ \rho(\nu)} \tag{2–5}$$

ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನು ಸ್ವಯಂಸ್ಫೂರ್ತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ನನ ಸಹಜ ವಿತರಣ ನಿಯಮವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ನಿರ್ಧರಿಸಿದನು. ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ನನ ಸಹಜ ವಿತರಣ ನಿಯಮವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$\frac{N_j}{N_i}=\frac{e^{-W_j/kT}}{e^{-W_i/kT}}=e^{\frac{-h\nu}{kT}} \qquad (2\text{–}6)$$

(2–5) ಮತ್ತು (2–6) ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

$$e^{-h\nu/kT} = \frac{B_{ij}\,\rho\,(\nu)}{A_{ji}+B_{ji}\,\rho\,(\nu)}$$

$$\therefore \quad \rho\,(\nu)=\frac{A_{ji}\;e^{-h\nu/kT}}{B_{ij}-B_{ji}\;e^{-h\nu/kT}}$$

ಆದರೆ $\quad B_{ji}\,\rho\,(\nu)=B_{ij}\,\rho\,(\nu)$

ಇರುವುದರಿಂದ

$$\rho\,(\nu)=\frac{A_{ji}\,/\,B_{ij}}{e^{h\nu/kT}-1} \qquad (2\text{–}7)$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಂಕನ ನಿಯಮದ ಮೇರೆಗೆ ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ

$$\rho\,(\nu)=\frac{8\pi h\nu^3}{c^3}\;\frac{1}{e^{h\nu/kT}-1}$$

ಆದ್ದರಿಂದ

$$A_{ji}=\frac{8\pi h\nu^3}{c^3}\;B_{ji} \qquad (2\text{–}8)$$

ಈ ಸಮೀಕರಣವು ಸ್ವಯಂಸ್ಫೂರ್ತ ಮತ್ತು ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನ ಸಂಕ್ರಮ ಸಂಭವನೀಯತೆಗಳ ಗುಣಾಂಕಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

2·3 ತರಂಗ ಪ್ರವರ್ಧನೆ

ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಅನೇಕ ಪರಮಾಣು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನಭ್ಯಸಿಸಿ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿತರಣೆಯ ಬಗೆಗೆ ನಿಯಮವೊಂದನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಅದನ್ನು ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ನನ ಸಹಜ ವಿತರಣ

ನಿಯಮವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ನಿಯಮದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ (2–6) ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ನಿಯಮದ ಮೇರೆಗೆ ಭೂಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಪರಮಾವಧಿಯಿದ್ದು, ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಹೋದಂತೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಯಾವುದೇ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಆ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣು ಸಂದಣಿ(population)ಯೆಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಮತ್ತು ಯಾವುದೇ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣು ಸಂದಣಿಯು ಆ ಮಟ್ಟವಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ (2–1)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಪರಮಾಣುವು ಆರಂಭದಲ್ಲಿಯೇ ಉದ್ರೇಕಿತ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದು, ಉದ್ರೇಕಿತ ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿಯ ಫೋಟಾನಿನಿಂದ ಅದನ್ನು ತಾಡಿಸಿದಾಗ ಅದು ಅಷ್ಟೇ ಶಕ್ತಿಯ ಫೋಟಾನನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದಷ್ಟೆ. ಅಂದರೆ ಈಗ ನಮಗೆ ಒಂದರ ಬದಲಾಗಿ ಎರಡು ಫೋಟಾನುಗಳು ದೊರೆತಂತಾಯಿತು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಮೂಹದಲ್ಲಿ ತೀರ ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಭೂಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಅವು ಪರಮಾವಧಿ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಬೋಲ್ಟ್ಸಮನ್ನನ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿಯೇ ಅಣು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೆ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಗಮನಿಸುವಾ. ಇಂತಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡೂ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯ ಫೋಟಾನೊಂದನ್ನು ಕಳುಹಿಸಿದಾಗ ಅದು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಹೊಸ ಫೋಟಾನು ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈಗ ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಎರಡು ಫೋಟಾನುಗಳಾದಂತಾಯಿತು. ಈ ಎರಡು ಫೋಟಾನುಗಳು ಪುನಃ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಮತ್ತೆರಡು ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನುತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳು ಭೂ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಳಿಯುವವರೆಗೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆದು, ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನುಗಳ ಬೃಹತ್ತಂಡವೇ ನಿರ್ಮಾಣಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ನಾವು ಒಂದೇ ಒಂದು ಫೋಟಾನನ್ನು ಇಂತಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕಳುಹಿಸಿ ಅದರಷ್ಟೇ ಶಕ್ತಿಯ ಕೋಟ್ಯಾವಧಿ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿರುವುದು ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ ಕ್ಷೀಣವಾದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಇಂತಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಮೂಲಕ ಕಳುಹಿಸಿ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಎಷ್ಟೋ ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆಯೆಂದಹಾಗಾಯಿತು. ಇದೇ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನದ ರಹಸ್ಯ. ಈ ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ಹೆಚ್ಚಳವನ್ನು ಪ್ರವರ್ಧನೆಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸತಕ್ಕ ಇನ್ನೊಂದು ಸಂಗತಿ

ಯುಂಟು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಎಲ್ಲ ಫೋಟಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನಾರಂಭಿಸಿದ ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ವಿಕಿರಣದ ಅಥವಾ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನಾರಂಭಿಸಿದ ವಿಕಿರಣದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ವಿಕಿರಣದ ಅಥವಾ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆಯೇ ವಿನಃ ಅದರ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಾವ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಕೆಲವೊಂದು ಸಲ ನಾವು ಕಳುಹಿಸಿದ ಫೋಟಾನು ಕೇವಲ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದಲೇ ಸಿಡಿದು ಹೋಗುವುದುಂಟು. ಹಾಗಾದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರವರ್ಧನೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲು ಫೋಟಾನು ತಾನು ಬಂದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೇ ಪುನಃ ಪುನಃ ಚಲಿಸಿ ಅನೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸುವಂತೆ ಕೃತ್ರಿಮವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆ ಮಾಡಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಪ್ರವರ್ಧನೆ ಸಾಧ್ಯ.

2.4 ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯ

ಬಹಳ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ದರ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ (Rate Equations) ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ. i ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿತವಾದ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಅಥವಾ ಸಂದಣಿ N_i ಇದ್ದರೆ, ಕಾಲದೊಡನೆ ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯು,

$$\frac{dN_i}{dt} = \sum_{i \neq j} \left[(W_{ji}\ N_j - W_{ij} N_i) + (W_{ji} N_j - W_{ij} N_i) \right]$$

ಇರುತ್ತದೆ. (2–9)

W_{ij} ಇದು ν_{ij} ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಅಥವಾ ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಹುದಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆಯಿರುತ್ತದೆ.

$N_j - j$ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

ಮತ್ತು

$$\nu_{ij} = |\, (E_i - E_j)/_h \,|$$

$$W_{ij} = \frac{1}{\tau_{ij}}; \quad \tau_{ij} = \text{ಶಿಥಿಲಕಾಲ (Relaxation Time).}$$

W_{ij}ಯು ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಬಹುದಾದ ಕಾಲಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮಾನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಪರಮಾಣು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ವಿಕಿರಣದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಡದೇ ಇದ್ದರೆ. ಅದು ಔಷ್ಣಿಕ ಸಮತೋಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಔಷ್ಣಿಕ ಸಮತೋಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿತರಣೆಯು ಬೋಲ್ಟ್ಸಮನ್ನನ ನಿಯಮಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ನಾವೀಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಈ ನಿಯಮವನ್ನು (2–9)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ದೊರಕಿಸಬಹುದು. ಔಷ್ಣಿಕ ಸಮತೋಲನವಿದ್ದಾಗ $dN_i/dt=o$ ಆಗುವುದರಿಂದ, (2–9) ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಈ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ

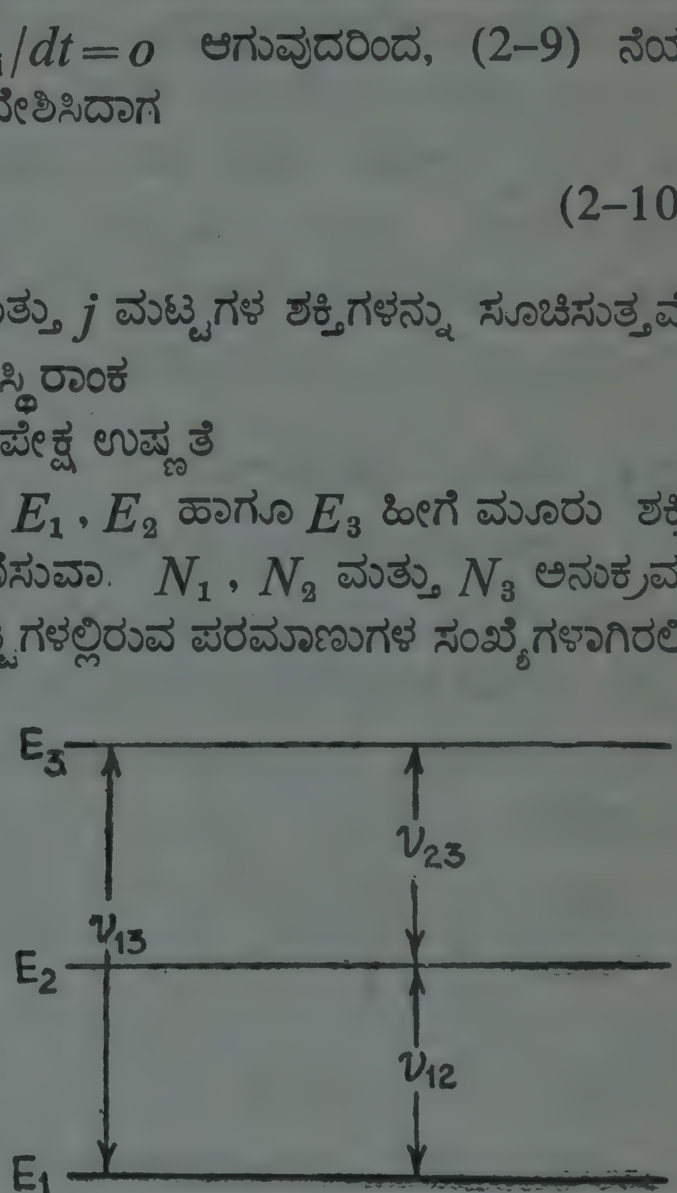
$$\frac{W_{ij}}{W_{ji}}=exp\left(\frac{E_i-E_j}{kT}\right) \qquad (2\text{–}10)$$

E_i ಹಾಗೂ E_j ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ i ಮತ್ತು j ಮಟ್ಟಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

k — ಬೋಲ್ಟ್ಸಮನ್ನನ ಸ್ಥಿರಾಂಕ

T — ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ನಿರಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣತೆ

ಚಿತ್ರ (2–2)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ E_1, E_2 ಹಾಗೂ E_3 ಹೀಗೆ ಮೂರು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವಾ. N_1, N_2 ಮತ್ತು N_3 ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ E_1, E_2 ಹಾಗೂ E_3 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಾಗಿರಲಿ. ν_{13} ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದಾಗ, ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಆಯಾ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ದರ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ (2–2)

$$\frac{dN_1}{dt}=-(\omega_{12}+\omega_{13})\,N_1+\omega_{21}\,N_2+\omega_{31}\,N_3 + W_{13}\,(N_3-N_1) \qquad (2\text{–}11)$$

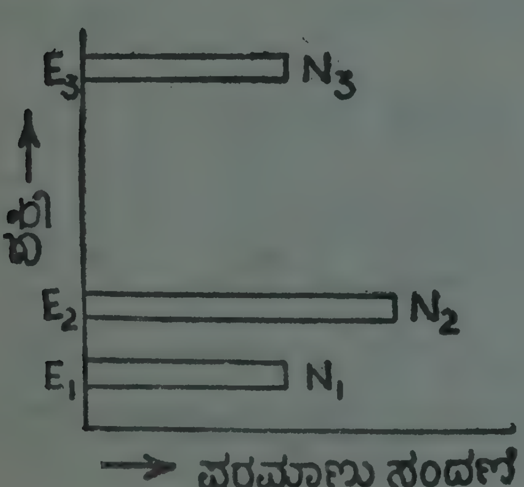
$$\frac{dN_2}{dt}=-(\omega_{21}+\omega_{23})N_2+\omega_{12}\,N_1+\omega_{32}\,N_3 \qquad (2\text{–}12)$$

$$\frac{dN_3}{dt}=-(\omega_{31}+\omega_{32})N_3+\omega_{13}\,N_1+\omega_{23}\,N_2 + W_{13}\,(N_1-N_3) \qquad (2\text{–}13)$$

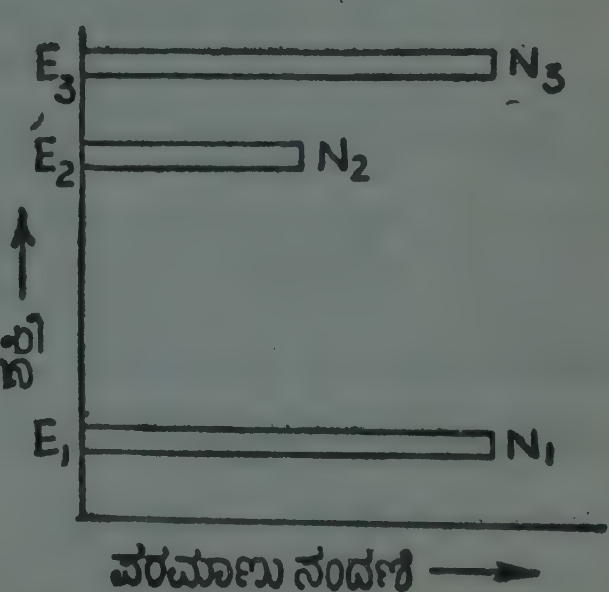
ಸ್ಥಿರವಾದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ (Steady state)

$$\frac{dN_1}{dt}=\frac{dN_2}{dt}=\frac{dN_3}{dt}=0$$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನವಲೋಕಿಸಿದಾಗ, ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದ ವಿಕಿರಣವು E_1 ಹಾಗೂ E_3 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಭ್ರಮಣ ಸಂಕ್ರಮಗಳುಂಟಾಗುವಂತೆ ಪ್ರಚೋದಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. E_1 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಿಂದ E_3 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೂ ಹಾಗೂ E_3 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಿಂದ E_1 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೂ, ಹೀಗೆ ಎರಡೂ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಕ್ರಮಗಳು ನಡೆಯುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ E_1 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, E_1 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಿಂದ E_3 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದೆಡೆಗೆ ನಡೆಯುವ ಸಂಕ್ರಮಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ E_3 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲೂ, E_1 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಲೂ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಔಷ್ಣಿಕ ಸಮತೋಲನೆಯಲ್ಲಿ ಉಳಿಯಲಾರದು. ಆದರೆ ಈ ವಿಧವಾದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಔಷ್ಣಿಕ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಕಾಯ್ದುಕೊಳ್ಳಲು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಯತ್ನದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಿಸುತ್ತಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ತಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲಕಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ. ಆಗ ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲಕವು ಕಂಪಿಸಿ ಉಷ್ಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತಾನು ಪಡೆದುಕೊಂಡಿದ್ದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಗೆ ಹಾಕುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು 'ಭ್ರಮಣ ಜಾಲಕ ಶೈಥಿಲ್ಯ (Spin lattice relaxation)ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದ ν_{13} ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣವು ಸಾಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿದ್ದರೆ, E_1 ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಲೂ, ಮತ್ತು E_3 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಅಧಿಕವಾಗುತ್ತಲೂ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಎರಡೂ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ



ಚಿತ್ರ(2–3 a)



(ಚಿತ್ರ 2–3 b)

ಸಂಖ್ಯೆ ಸಮನಾಗುವವರೆಗೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸಂತೃಪ್ತ ವಿಧಾನವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವು ನಡೆಯುವಾಗ E_2 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಏರುಪೇರಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನಗಳಿಂದುಂಟಾದ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನು ಚಿತ್ರ (2–3)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರ [2–3(a)]ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ E_2 ಮತ್ತು E_1 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಮತ್ತು ಚಿತ್ರ [2–3(b)]ಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ E_3ಹಾಗೂ E_2 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವುಂಟಾಗಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಚಿತ್ರ [2–3(a)]ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ν_{21} ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕ್ಷೀಣ ಸಂಕೇತವನ್ನು ಕಳುಹಿಸಿದರೆ ಅದು ವೃದ್ಧಿಯಾಗಿ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ. ν_{21} ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಸಂಕೇತ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯೆಂದೂ (Single frequency), ν_{13} ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಪಂಪಿಂಗ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ (Pumping frequency)ಯೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನುಂಟುಮಾಡುವ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಗಣಿತ ರೀತ್ಯಾ ವಿವರಿಸಬಹುದು. ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಬೇಕಾದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದ ವಿಕಿರಣವು ಬಹಳ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅಂದರೆ ω_{ij}ಯ ಮೌಲ್ಯದೊಡನೆ ತುಲನೆ ಮಾಡಿದಾಗ W_{13}ಯ ಮೌಲ್ಯವು ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿಗಿದ್ದರೆ ν_{13}ಯು ಸಂತೃಪ್ತವಾಗಿ ಬಿಡುವುದು (2–11) ಮತ್ತು (2–13) ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ $N_1 = N_3$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂತೃಪ್ತಿ ದೊರೆಯಬೇಕಾದರೆ ಅದಕ್ಕೊಂದು ನಿಬಂಧನೆಯುಂಟು. ಆ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಪೂರ್ತಿಗೊಳಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಅಸಮತೋಲನ ಸಂದಣಿಯ ಅನುಪಾತಗಳನ್ನು (2–10)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ದೊರಕಿಸಿ ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$\frac{N_2}{N_1}=\frac{N_2}{N_3}=\frac{\omega_{12}+\omega_{32}}{\omega_{21}+\omega_{23}} \quad (2\text{–}14)$$

(2–10)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು (2–14)ರಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ

$$\frac{N_2}{N_1}=\frac{N_2}{N_3}=\frac{\omega_{12}\, exp\, (-h\nu_{12}/kT)+\omega_{32}}{\omega_{21}+\omega_{32}\, exp\, (-h\nu_{23}/kT)} \quad (2\text{–}15)$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣವು ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣ (2–15)ದ ಬಲಗಡೆಯಿರುವ ಕೊನೆಯ ಪದದ *(R.H.S)* ಮೌಲ್ಯವು 1 ಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೆ,

$\frac{N_2}{N_1} > 1$ ಆಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore \quad N_2 > N_1$$

ಅಂದರೆ E_2 ಹಾಗೂ E_1 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯು ಉಂಟಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದುವೇಳೆ ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು 1 ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ, $\frac{N_2}{N_3} < 1$ ಅಥವಾ $N_2 < N_3$ ಆಗುವದರಿಂದ ಈಗ E_3 ಹಾಗೂ E_2 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಬೆಳಗಿಸಿ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು "ಆಪ್ಟಿಕಲ್ ಪಂಪಿಂಗ್" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

2.5 ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮದ ಉಷ್ಣತೆ

ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಧನೆ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಡೆಯಬೇಕಾದರೆ ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ತಂಪಾದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಡಬೇಕು. ತೀರ ಕೆಳ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣಜಾಲಕ ಶಿಥಿಲಕಾಲವು ದೀರ್ಘವಾಗಿರುವದರಿಂದ E_2 ಮತ್ತು E_1 ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೂರು ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಧನೆಯು ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ಎರಡು ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (N_2-N_1)ಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ವರ್ಧನೆಯೂ ಕೂಡ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ನನ ನಿಯಮವನ್ನು ಇನ್ನೊಮ್ಮೆ ಪರಿಗಣಿಸಿ ಈ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಮನಗಾಣಬಹುದು. ಔಷ್ಣಿಕ ಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿ

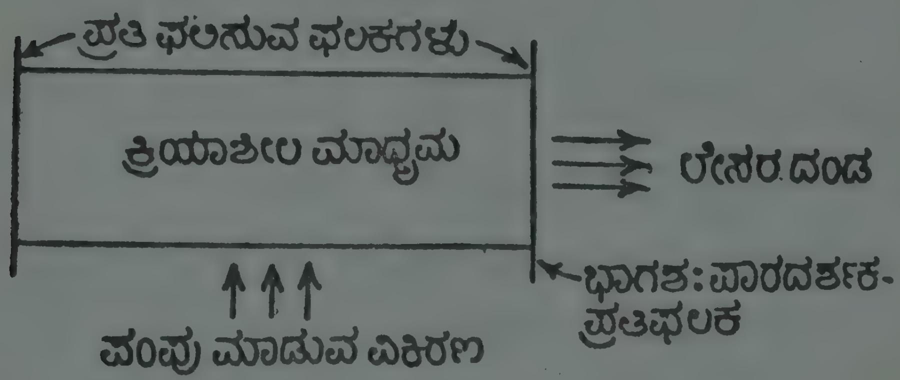
$$\frac{N_2}{N_1} = exp\ (h\nu_{21}/kT)$$

ಇರುತ್ತದಷ್ಟೆ. ಉಷ್ಣತೆಯು ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದಾಗ $\frac{h\nu_{21}}{kT} << 1$ ಆಗುವದರಿಂದ $N_2 \simeq N_1$. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ (N_2-N_1)ದ ಮೌಲ್ಯ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ν_{21} ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗವನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ತಂಪುಕಾರಿಯನ್ನು ಬಳಸುವದು ತೀರ ಅವಶ್ಯವಾಗಿದೆ.

2.6 ದ್ಯುತಿ ಅನುಕರಣ

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳ ವರ್ಧನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ ಸಿ. ಹೆಚ್. ಟೌನ್ಸ್ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಧನೆ ಕೂಡ ಸಾಧ್ಯವೆಂದು 1958ರಲ್ಲಿ ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಸ್ಕಾಲೊವ್ಹ್ ಮತ್ತು ಟೌನ್ಸ್ ನೀಡಿದ ಲೇಸರ ಉಪಕರಣದ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಚಿತ್ರ (2–4) ರಲ್ಲಿ

ತೋರಿಸಿದೆ. ಒಂದು ಸೂಕ್ತವಾದ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಸ್ತುವನ್ನು ಎರಡು ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರಿಸಬೇಕು. ಬಳಿಕ 'ಆಪ್ಟಿಕಲ್ ಪಂಪಿಂಗ್' ವಿಧಾನದಿಂದ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಬೇಕು. ಆಗ ಎಷ್ಟೋ ಪರಮಾಣುಗಳು ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಗೇರಿರುತ್ತವಷ್ಟೆ. ಹೀಗೆ ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಗೇರಿದ



ಚಿತ್ರ (2–4)

ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಪರಮಾಣು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸಿ ಫೋಟಾನೊಂದನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಫೋಟಾನು ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಬೆಳಕನ್ನು ವರ್ಧನೆಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಆ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನುತ್ಪಾದಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಫಲಕಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳು ಮಾತ್ರ ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಂಡು, ಅನೇಕಸಲ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಓಡಾಡುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಾಗ ಕೆಲವೊಂದು ಪರಿಮಾಣದಷ್ಟು ಬೆಳಕು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ನಷ್ಟವಾದ ಬೆಳಕಿನ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ವರ್ಧನೆಯ ಪರಿಮಾಣವು ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ವರ್ಧನೆ ಹೊಂದಿದ ಬೆಳಕು ಭಾಗಶಃ ಪಾರದರ್ಶಕ ಪ್ರತಿಫಲಕದಿಂದ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಫಲಕಗಳ ಪ್ರತಿಫಲಕತೆ r ಮತ್ತು ಪಾರಗಮ್ಯತೆ t ಇದ್ದರೆ,

$$t=1-r \tag{2–16}$$

ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವಾಗ ಬೆಳಕು ಅನೇಕ ವಿಧವಾಗಿ ನಷ್ಟವಾಗತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳ ಪಾರಗಮ್ಯತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಕೆಲವೊಂದು ಪರಿಮಾಣದಷ್ಟು ಬೆಳಕು ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಪಾರಾಗಿ ಹೋದರೆ, ಇನ್ನು ಕೆಲವೊಂದು ಪರಿಮಾಣದಷ್ಟು ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಪಲಕಗಳೇ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಲೇಸರ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಚದುರುವಿಕೆಯಿಂದಲೂ ಬೆಳಕು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣವು ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವಾಗ ಗಳಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಯು, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಎಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ನಷ್ಟವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಲೇಸಿಂಗಕ್ರಿಯೆ ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆಯಬಲ್ಲುದು.

ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಬಿಂದುವೊಂದನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವಾ. ವಿಕಿರಣವು ಈ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವಾಗ ಅದರ ತೀವ್ರತೆ I_o ಇರಲಿ. ವಿಕಿರಣವು ಒಂದು ಬದಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ನಾವು ಕಲ್ಪಿಸಿದ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಇನ್ನೊಂದು ಬದಿಗೆರಗುತ್ತದೆ. ಆ ಬದಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿದನಂತರ ಮತ್ತೆ ಕಲ್ಪಿತ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ (ಎರಡನೆಯ ಸಲ) ಹಾಯುತ್ತದೆ. ಆಗ ಆ ವಿಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆ

$$I = r_1\, r_2\, I_o\, exp(2\alpha L) \qquad (2\text{–}17)$$

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ,

r_1 ಮತ್ತು r_2 = ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಪ್ರತಿಫಲಕ ಗುಣಾಂಕಗಳು.

L = ಎರಡೂ ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರ.

α = ಲೇಸರ ಮಾಧ್ಯಮದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಸ್ಥಿರಾಂಕ.

ಆದ್ದರಿಂದ ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಾದ ಬದಲಾವಣೆ ಅಥವಾ ಗಳಿಕೆ (gain).

$$F = \frac{I}{I_o} = r_1\, r_2\, exp\,(2\alpha L) \qquad (2\text{–}18)$$

r_1 ಮತ್ತು r_2 ಇವುಗಳ ಭೌಮಿತಿಕ ಸರಾಸರಿ r ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಎಲ್ಲ ವಿಧದಿಂದ ನಷ್ಟವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಷ್ಟಗುಣಾಂಕ r ದಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದರೆ

$$r = -log_e r \qquad (2\text{–}19)$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಸಮೀಕರಣ (2–18) ಮತ್ತು (2–19)ರಿಂದ ಗಳಿಕೆ

$$F = exp\; 2(\alpha L - \nu) \qquad (2\text{–}20)$$

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ

$F \geqslant 1$ ಇದ್ದರೆ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ಬೆಳೆಯುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

$F < 1$ ಇದ್ದರೆ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿಂತುಬಿಡುತ್ತದೆ. $\alpha = r/L$ ಇದ್ದರೆ $F = 1$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭವಾಗುವುದರಿಂದ, ಈ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯ ಆರಂಭದ ಹೊಸ್ತಿಲು ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ.

ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರ್

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳ ವರ್ಧನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ ಸಿ. ಹೆಚ್. ಟೌನ್ಸ್ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಧನೆ ಕೂಡ ಸಾಧ್ಯವೆಂದು 1958ರಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದನಷ್ಟೆ. ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಲು ಮತ್ತೆರಡು ವರ್ಷಗಳು ಬೇಕಾದವು. 1960 ರಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕದ ಮೈಮಾನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ರೂಬಿ ಹರಳನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಧನೆಯನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು. ನಂತರ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮುಂದುವರಿದು ಅನೇಕ ಹೊಸ ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಲೇಸರಿನ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಹೀಗಾಗಿ ಕೆಲವೇ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ನೂರಾರು ಲೇಸರ ಮಾಧ್ಯಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಸ್ಫಟಿಕಗಳು, ಗಾಜು, ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್, ದ್ರವ, ಅನಿಲಗಳು ಇವೆಲ್ಲ ಆ ಪರಂಪರೆಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿವೆ. ಇಂದು ಪ್ರತಿದಿನವೂ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಹೊಸ ಲೇಸರ ಮಾಧ್ಯಮದ ಆವಿಷ್ಕಾರ ನಡೆದೇ ಇದೆ.

3.1 ರೂಬಿ ಲೇಸರ್

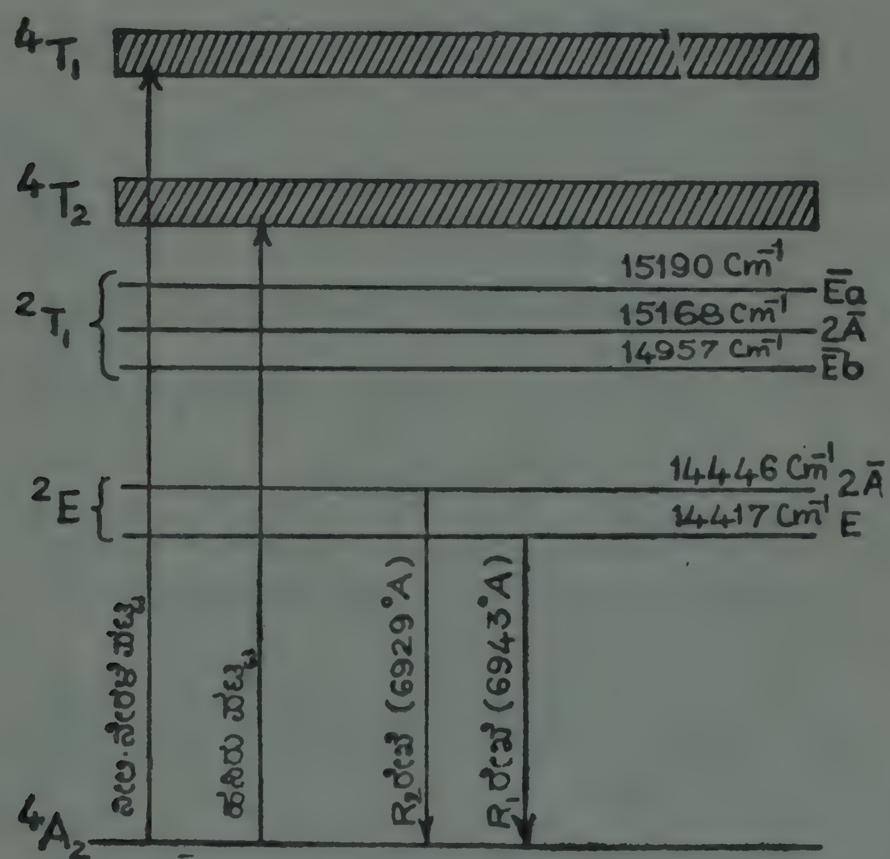
ಲೇಸರ ಮಾಧ್ಯಮವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಮೂರು ಗುಣಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರಬೇಕು.

(i) ಅದು ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ (ದೃಷ್ಟಿಗೋಚರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ) ತರಂಗದೂರದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲುದಾಗಿರಬೇಕು.

(ii) ಅದರಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರಬೇಕು.

(iii) ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬಗೆಯ ಕಣಗಳೂ ಸೇರಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಕಣಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ಚದರಿಸುವದರಿಂದ ಶಕ್ತಿಯು ಹ್ರಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿ ಹ್ರಾಸದ ಪರಿಮಾಣ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿರಬೇಕು.

ರೂಬಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಮೂರು ಲಕ್ಷಣಗಳಿರುವದರಿಂದ, ಮೈಮಾನನು ಅದನ್ನು ಲೇಸರ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದನು. ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡಿ(Al_2O_3)ನಲ್ಲಿ ಕೆಲವೊಂದು ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳು ಸೇರಿಕೊಂಡಾಗ, ಅದು ರೂಬಿ ಹರಳಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ರೂಬಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ 5000 ಆಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ 1ರಂತೆ ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳು ಹಸಿರು ಮತ್ತು ಹಳದಿ ವರ್ಣಗಳನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ, ರೂಬಿ ಹರಳು ನಸುಗೆಂಪು ವರ್ಣದ್ದಾಗಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರಲ್ಲಿರುವ ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ (3–1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. $^4A_2$ ಭೂಮಟ್ಟವಿದ್ದು, $^4T_2$ ಮತ್ತು $^4T_1$ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. $^4A_2$ ಮತ್ತು



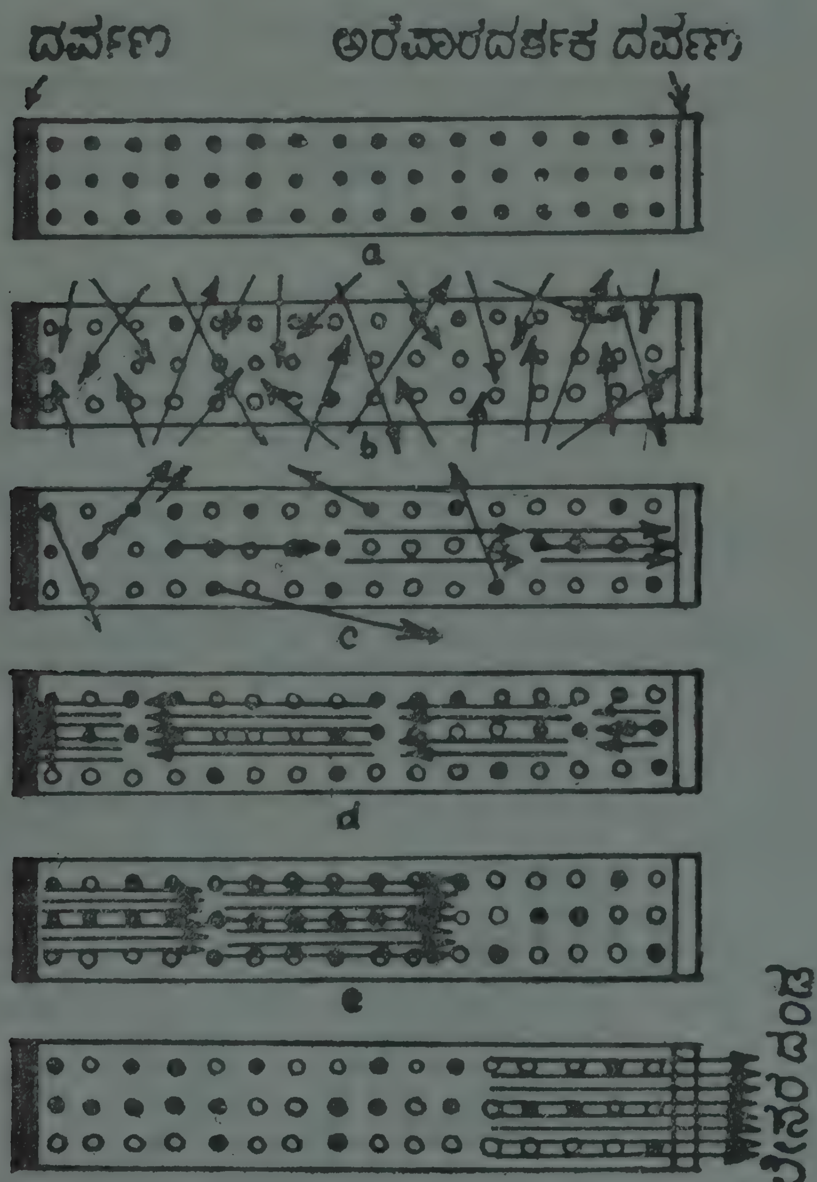
ಚಿತ್ರ (3–1)

$^4T_2$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಕ್ರಮ ನಡೆದಾಗ 18000 cm^{-1} ತರಂಗಾಂಕ* (Wave number) ವಿರುವ ಹಸಿರು ಪಟ್ಟಿಯೂ $^4A_2$ ಮತ್ತು $^4T_1$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಕ್ರಮ ನಡೆದಾಗ 25000 cm^{-1} ನೀಲ-ನೇರಳೆ ಪಟ್ಟಿಯೂ ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಅಥವಾ ಆ ಬಗೆಯ ಬೆಳಕು ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಹಸಿರು ಮತ್ತು ನೀಲ-ನೇರಳೆ ಪಟ್ಟಿಯ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ರೂಬಿ ಹರಳನ್ನು

*ತರಂಗಾಂಕ — ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ತರಂಗಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

ಬೆಳಗಿಸಿ ಭೂಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ($^4A_2$) ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು, ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಾದ $^4T_2$ ಹಾಗೂ $^4T_1$ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೇರಿಸಬಹುದು. ಈ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳು ಕೇವಲ 10^{-6} ಸೆಕಂಡುಗಳಷ್ಟು ಕಾಲಮಾತ್ರ ಉಳಿಯು ಬಲ್ಲವು. ಈ ಅವಧಿಯನಂತರ $^4T_2$ ಹಾಗೂ $^4T_1$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನುಗಳು ಶಾಖದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕೆಲವೊಂದು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸ್ಫಟಿಕಜಾಲಕಕ್ಕೆ ಕೊಟ್ಟು, ಅನುಕ್ರಮ ವಾಗಿ $^2T_1$ ಮತ್ತು ^2E ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗಿಳಿಯುತ್ತವೆ. $^2T_1$ ಮತ್ತು ^2E ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ ಗಳಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳು, ಉಳಿದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಉಳಿಯಬಹುದಾದ ಕಾಲಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು ಸಹಸ್ರಪಟ್ಟು ಅವಧಿಯವರೆಗೆ (ಸುಮಾರು 10^{-3} ಸೆಕೆಂಡು) ಉಳಿಯಬಲ್ಲವು. ಇಂತಹ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಮಿತಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ (Metastable state) ಗಳೆಂದು ಕರೆ ಯುತ್ತಾರೆ. ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ಪಾತ್ರ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ. ಒಂದುವೇಳೆ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿರದಿದ್ದಲ್ಲಿ ಏನಾಗುತ್ತಿತ್ತೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡುವಾ. ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಭೂಮಟ್ಟದಿಂದ ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೇರಿಸು ವದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಕೆಲ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೇರಿಸಿದೆ ವೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಎರಡನೇಸಲ ಮತ್ತೆ ಕೆಲ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇರಿಸುವಾಗಲೇ, ಈ ಮುಂಚೆ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೇರಿದ ಅಯಾನುಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ ಭೂಮಟ್ಟಕ್ಕಿಳಿದುಬಿಡುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ ಗಳ ಹೊರತಾಗಿ ಉಳಿದ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಅವು ಉಳಿಯಬಹುದಾದ ಕಾಲ ತೀರ ಕಡಿಮೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಲೀ ಮಿತಸ್ಥಿರವಲ್ಲದ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಉಳಿಯು ವಂತೆ ಮಾಡುವದು ಅಸಾಧ್ಯ. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಈ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಕಡಿಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ಬೆಳಕಿನ ಪರಿಮಾಣವು ಕಡಿಮೆ, ಅಂದರೆ ನಮಗೆ ದೊರೆಯುವ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ವರ್ಧನೆಯಾಗಲಾರದು. ಮಿತಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲದವರೆಗೆ ಉಳಿಯುವುದರಿಂದ ಅಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಧನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಅವು ಅನುಕೂಲ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ. ರೂಬಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಂತೆ ಅಯಾನುಗಳು $^2T_1$ ಹಾಗೂ ^2E ಮಿತಿಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿ ಗಿಳಿಯುತ್ತವಷ್ಟೆ. ಈ ಮಟ್ಟಗಳಿಂದ ಅಯಾನುಗಳು ಭೂಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸಿ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ R_1 ಮತ್ತು R_2 ರೇಖೆಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. R_1 ರೇಖೆಯ ತರಂಗದೂರ $6943°A$ ಮತ್ತು R_2 ರೇಖೆಯ ತರಂಗದೂರ $6929°A$. R_1 ರೇಖೆಯ ವರ್ಧನೆ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವುದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ.

ರೂಬಿ ಹರಳು ಲೇಸರ ಆಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ರೂಪ ಕೊಡುವುದು ಅವಶ್ಯ. ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಹರಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಯಂತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅದನ್ನು 4 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಉದ್ದವಿರುವ ಮತ್ತು $\frac{1}{2}$ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸವಿರುವ ಸಿಲಿಂಡರಿನ ರೂಪಕ್ಕೆ ತರಬೇಕು. ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಎರಡೂ ಮುಖಗಳನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಉಜ್ಜಿ ಅವು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಪರಸ್ಪರ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಮೆರುಗುಕೊಟ್ಟು ಅವು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಆದರೆ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮುಖವು ಮಾತ್ರ ಅಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಂತಿರಬೇಕು. ಈ ರೀತಿಯ ರಚನೆಯಿಂದ ಸಿಲಿಂಡರಿನಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕಿಬಿದ್ದ ಫೋಟಾನು ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಧಾವಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದು ಮುಖದಿಂದ ಮುಖಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಸಂಭವವುಂಟು. ಒಂದು ಮುಖವು

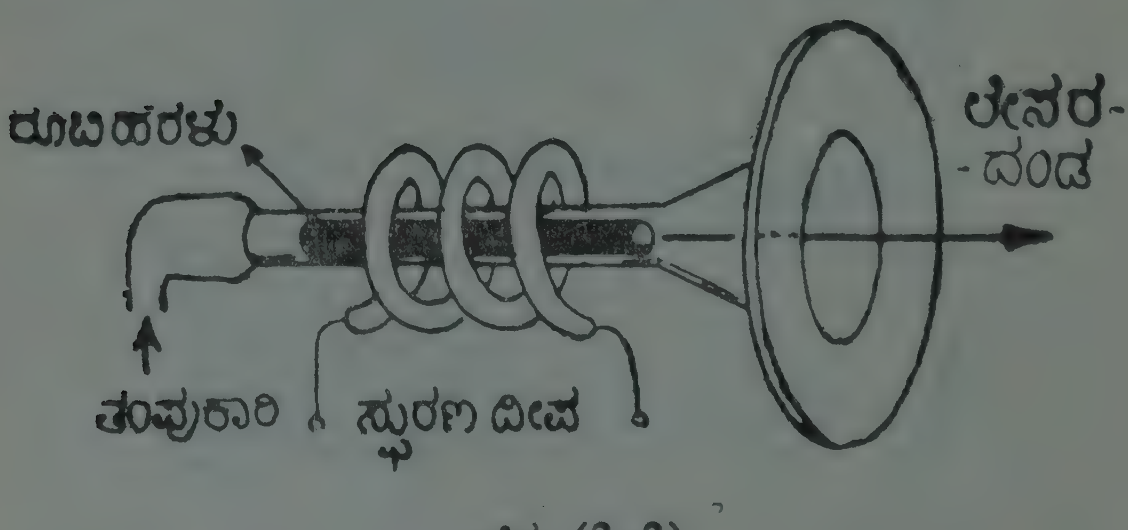


ಚಿತ್ರ (3–2)

ಅಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವುದರಿಂದ ಹೀಗೆ ಓಡಾಡುವಾಗ ಫೋಟಾನು ಒಂದೆರಡು ಸಲ ಸಿಲಿಂಡರಿನಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರಬಹುದು, ಅಥವಾ ಅನೇಕ ಸಲ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ

ಹೊರಬರಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಹೊರಬಂದ ಫೋಟಾನು ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ ಓಡುತ್ತಿರುವದೂ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದದ್ದು. ಆದರೆ ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಪಾರ್ಶ್ವದ ಮೇಲೆರಗುವ ಫೋಟಾನು ಈ ರೀತಿ ಅನೇಕ ಸಲ ಪ್ರತಿಫಲಿಸದೆ ಪ್ರಥಮಬಾರಿಗೇನೇ ಸಿಲಿಂಡರಿನಿಂದ ಸಿಡಿದು ಹೊರಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕಿಬಿದ್ದ ಫೋಟಾನುಗಳು ಸಿಲಿಂಡರಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಮೇಲಿಂದ ಮೇಲೆ ಅತೀ ರಭಸದಿಂದ ಓಡಾಡಲು ಸಿಲಿಂಡರು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಸಿಲಿಂಡರಿನಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನು ಸಿಕ್ಕಿಬಿದ್ದಷ್ಟು ಅವು ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸುವ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ (3–2) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರ (3–2)ರ a ಯಲ್ಲಿ ಬಿಳಿಯ ಚುಕ್ಕೆಗಳಿಂದ ಉದ್ರೇಕಿತ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರ(3–2)ರbಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಶರಚಿಹ್ನೆಗಳಿಂದಲೂ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆಗಳಿಂದಲೂ ತೋರಿಸಿದೆ. ಫೋಟಾನುಗಳು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿದ ನಂತರ ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಯಾವ ರೀತಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅವು ಹೇಗೆ ನೇರವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದಾಗಿದೆ.

ರೂಬಿ ಹರಳನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿಸಿ ಲೇಸಿಂಗಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಿಸಿದ ಮೈಮಾನನು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ (3–3) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಪ್ರತಿಶತ 0.05 ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡಿನ ಪರಿಮಾಣವುಳ್ಳ ರೂಬಿ ಹರಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಲಾದ ಸಿಲಿಂಡರಿನ ರೂಪಕ್ಕೆ ತಂದನು. ನಂತರ ಸಿಲಿಂಡರನ್ನು ಕ್ಸೀನಾನ್ ಸ್ಫುರಣ ದೀಪದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದನು. ಈ ದೀಪಕ್ಕೆ



ಚಿತ್ರ (3–3)

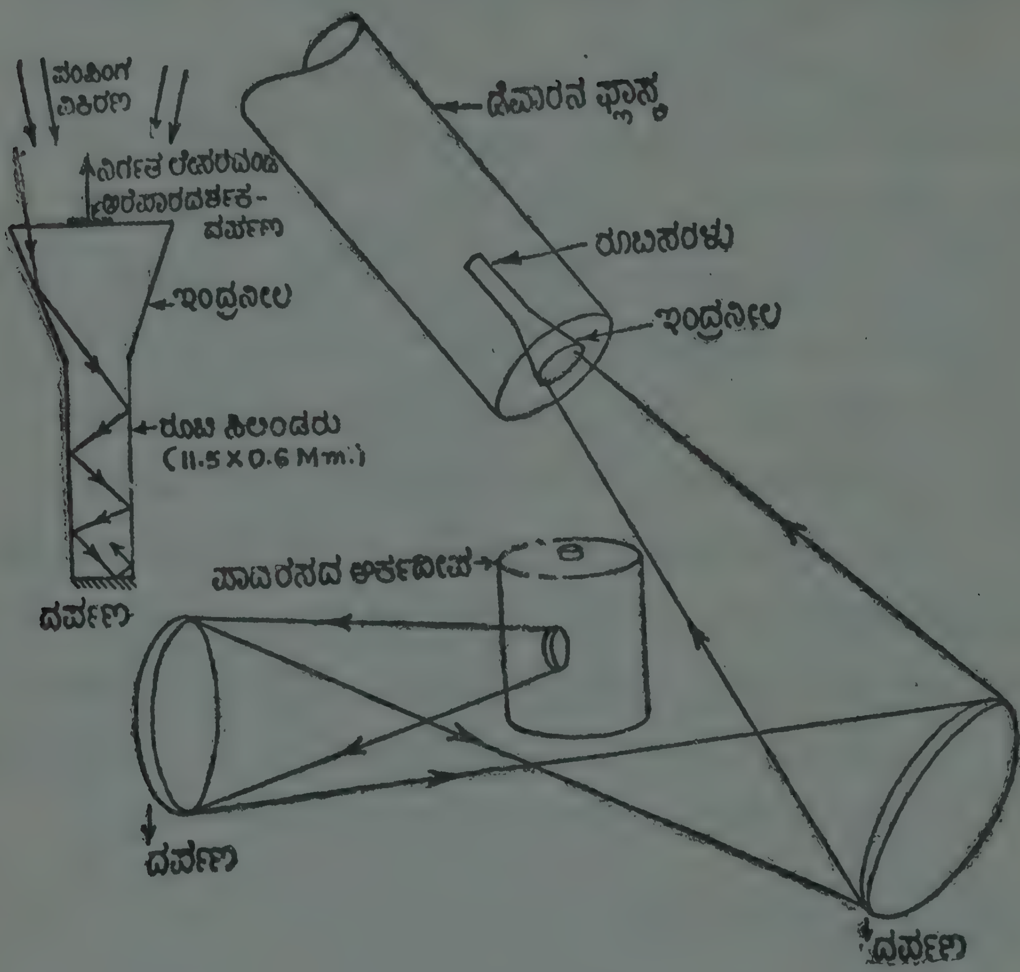
ವಿದ್ಯುತ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನೊದಗಿಸಿ ಬೆಳಗಿಸಲಾಯಿತು. ದೀಪದಿಂದ ಬಂದ ಬೆಳಕು ಹರಳಿನಲ್ಲಿರುವ ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೇರಿಸುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ ದೀಪವು ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪಂಪ್‌ಮಾಡಿ ಕಳುಹಿಸುವ ಸಾಧನ ಎನ್ನಬಹುದು. ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ದೀಪದ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡ ಹರಳು ತನಗೆ ಸಹಜವಾದ ಕೆಂಪು ಸ್ಫುರಣ ವಿಸರಣವನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ದೀಪದ ಪ್ರಕಾಶವು ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚಿ ಒಂದು ಮಿತಿಯನ್ನು ಮೀರಿದಾಗ, ಹರಳಿನ ಅಪೂರ್ಣ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಮುಖದಿಂದ ಕೇವಲ 0.5 ಮಿಲಿಸೆಕೆಂಡುಗಳಷ್ಟು ಕಾಲ ಜೀವಂತವಿದ್ದ 10 ಕಿಲೋವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಕೆಂಪು ಬೆಳಕಿನ ತೆನೆಯೊಂದು ಸಿಡಿದು ಬರುತ್ತಿರುವದನ್ನು, ಮೈಮಾನನು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡನು. ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಆಗುವ ಫೋಟಾನುಗಳ ನಷ್ಟವನ್ನು ಮೀರುವಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿಕೊಂಡ ಹೊರತು ಲೇಸಿಂಗಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಇದರಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳು ಭೂಮಟ್ಟಕ್ಕಿಳಿದನಂತರ, ಅದು ಮತ್ತೆ ಲೇಸರ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಸೂಸಬೇಕಾದರೆ, ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಪುನಃ ಪಂಪ್‌ಮಾಡಿ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೇರಿಸಬೇಕು. ಅದ್ದರಿಂದ ರೂಬಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯು ಬಿಟ್ಟು ಬಿಟ್ಟು ನಡೆಯುವದೇ ವಿನಃ ಎಡೆಬಿಡದೆ ಜರುಗುವದಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ನಿರಂತರ ವಾಗಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲ ಲೇಸರಿನ ಸಂಶೋಧನೆ ಆರಂಭವಾಯಿತು.

3.2 ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು

ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲ ಲೇಸರಿನ ರಚನೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವೆಂದೇ ಹೇಳಬೇಕು. ಯಾಕೆಂದರೆ ಇಂತಹ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಪಂಪ್‌ಮಾಡುವ ಆಕರದ ಉಷ್ಣತೆ $3800°K$ ಗಳಷ್ಟಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಲೇಸರನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ನೆಲ್ಸನ್ ಮತ್ತು ಬಾಯಲ್ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸೇರಿ ರಚಿಸಿದರು. ಇಷ್ಟು ಅಧಿಕವಾದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ಅವರು ಪಾದರಸದ ಆರ್ಕ್‌ದೀಪವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. ಅವರು ರಚಿಸಿದ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣದ ಸ್ಥೂಲವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಚಿತ್ರ (3–4) ರಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಅವರು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತಹ ತುತ್ತೂರಿ ಯಾಕಾರದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಲೇಸರ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. ಈ ತುತ್ತೂರಿಯಂತಹ ವಸ್ತುವಿನ ಮುಂಭಾಗವನ್ನು (ಶಂಕುವನ್ನು) ಇಂದ್ರನೀಲ (sapphire)ದಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಹಿಂದಿನ ಸರಳು 0.005% ರೂಬಿ ಹರಳಿನದಾಗಿದ್ದಿತು. 0.005% ರೂಬಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಘನಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 1.6×10^{18} ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ರೂಬಿ ಸರಳು 1.05 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಉದ್ದ ಮತ್ತು 0.061 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ಪ್ರವಾಹಿ ನೈಟ್ರೋಜನ್‌ದಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿಸಿ ಅದರ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು $77°K$

ಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಇದೇ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿಡಲು ಪ್ರವಾಹಿ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ತುಂಬಿದ ದೀವಾರ್ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. ನಂತರ

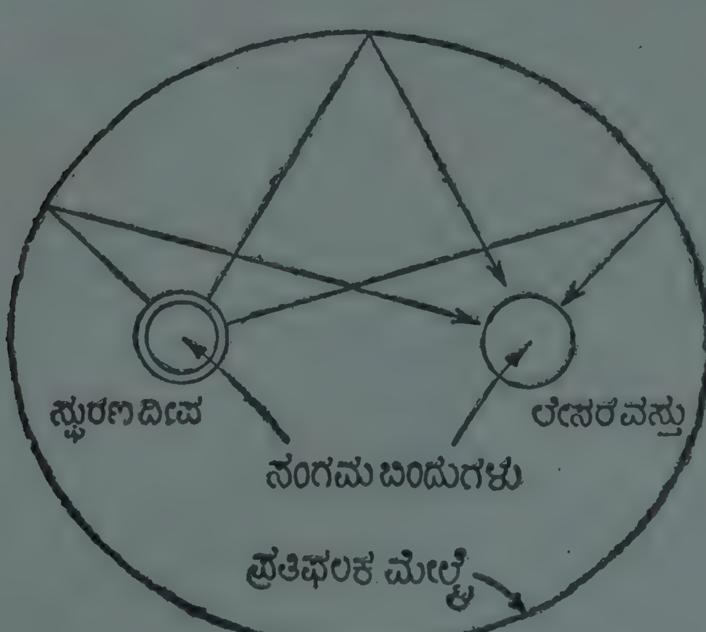


ಚಿತ್ರ (3–4)

ಪಾದರಸದ ಆರ್ಕ ದೀಪದಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ಬೆಳಕನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಎರಡು ದರ್ಪಣಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಳಿಸಿ, ಇಂದ್ರನೀಲದಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದರು. ಇಂದ್ರನೀಲವು ಶಂಕುವಿನಾಕಾರದ್ದಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಮೇಲೆರಗಿದ ಎಲ್ಲ ಬೆಳಕು ಪೂರ್ಣಾಂತರಿಕ ಪ್ರತಿಫಲನಹೊಂದಿ ರೂಬಿ ಸರಳನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ. ರೂಬಿ ಸರಳಿನಲ್ಲಿ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಅದಕ್ಕೆ 850 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನೊದಗಿಸಬೇಕು. ಪಾದರಸದ ಆರ್ಕ ದೀಪದಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 0.3 ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟನ್ನು ರೂಬಿ ಸರಳು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಹೀರಿಕೊಂಡ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲವೊಂದು ಭಾಗವು ಅವಿಕಿರಣಾತ್ಮಕ ಸಂಕ್ರಮಗಳಿಂದ (Non-radiative Transitions)ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು 0.1 ವಾಟ್ ಶಾಖದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನೈಟ್ರೊಜನ್‌ಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ರೂಬಿ ಸರಳುಗಳನ್ನು 930 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಆರ್ಕದೀಪದಿಂದ ಬೆಳಗಿಸಿದಾಗ 6934° A ತರಂಗದೂರದ ಮತ್ತು 4 ಮೆಗಾವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ ಬೆಳಕು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

3.3 ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ರೂಬಿ ಲೇಸರ್

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 'ಆಪ್ಟಿಕಲ್ ಪಂಪಿಂಗ್' ವಿಧಾನದಿಂದ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯ ವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿರುವಂತಹ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ದಕ್ಷತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸಾಕಷ್ಟು ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಸ್ಫುರಣದೀಪಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸುವುದೂ ಕೂಡ ಕಷ್ಟದ ಕೆಲಸ. 'ಆಪ್ಟಿಕಲ್ ಪಂಪಿಂಗ್'ನಲ್ಲಿ ಸ್ಫುರಣದೀಪದಿಂದ ದೊರೆತ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವು ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗವಾಗು ವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದದ್ದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ. ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ರಕಾಶೀಯ ಸಂಯೋಜನೆ (Optical coupling) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಎರಡು ಬಗೆಯ ಪ್ರಕಾಶೀಯ ಸಂಯೋಜನೆಗಳುಂಟು. ಒಂದನೆಯದಾಗಿ, ಮೈಮಾನನು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗ ದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದಂತೆ, ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ಕ್ಸೀನಾನ್ ಸ್ಫುರಣದೀಪದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ರೂಬಿ ಸರಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವುದು (ಚಿತ್ರ 3–3 ನೋಡಿರಿ). ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಅಡ್ಡಕ್ಷೇತ್ರ (Cross section)ವಿರುವ ಸಿಲಿಂಡರನ್ನು ತೆಗೆದು ಕೊಂಡು, ಅದರ ಒಂದು ಸಂಗಮದಲ್ಲಿ ಸ್ಫುರಣದೀಪವನ್ನು, ಇನ್ನೊಂದು ಸಂಗಮದಲ್ಲಿ ರೂಬಿ ಸರಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು ಮತ್ತು ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಒಳಮೈಯು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಫಲಿಸುವಂತೆ ಮೆರುಗು ಕೊಡಬೇಕು. ಸ್ಫುರಣದೀಪವನ್ನು ಬೆಳಗಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಬೆಳಕು ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಒಳಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಮೇಲೆರಗುವುದನ್ನು ಚಿತ್ರ (3–5)ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ಸ್ಫುರಣದೀಪವಿರುವ ಲೇಸರ್

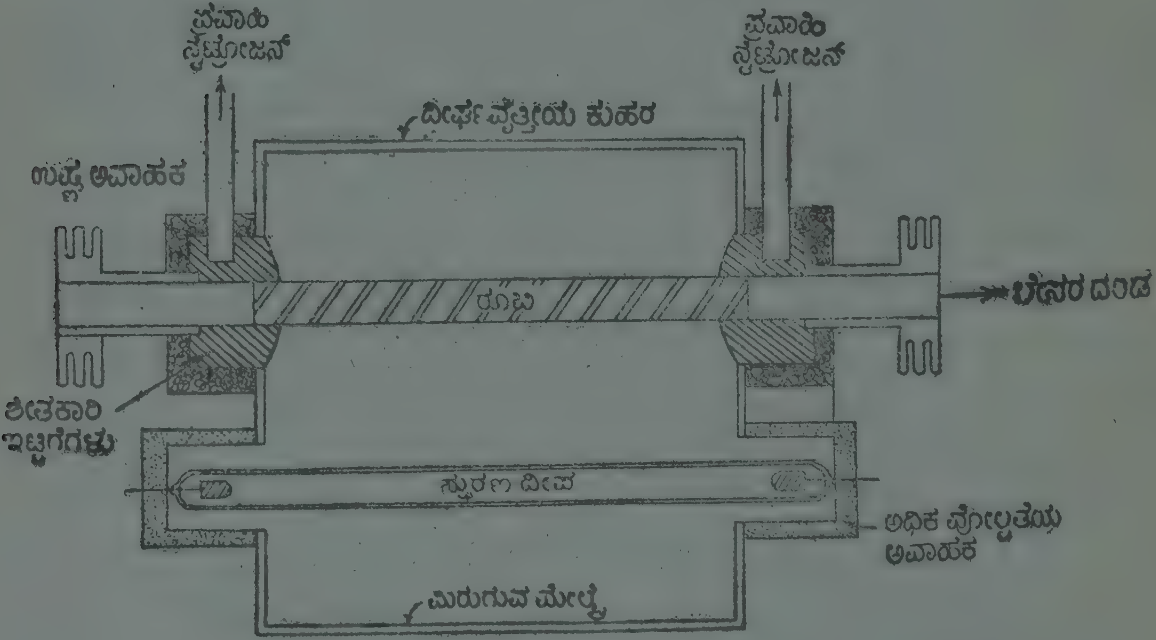


ಚಿತ್ರ (3–5)

ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಿಂತ, ದೀರ್ಘವೃತ್ತೀಯ ಕುಹರದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ದಕ್ಷತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರು ತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದೀರ್ಘವೃತ್ತೀಯ ಕುಹರದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ರೂಬಿ

ಸರಳು ಹಾಗೂ ಸ್ಫುರಣದೀಪ ಇವೆರಡರ ವ್ಯಾಸಗಳು ಸಮನಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸ್ಫುರಣದೀಪದಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ಪ್ರಕಾಶದ ಪ್ರತಿ ಶತ 75ರಷ್ಟು ಭಾಗವು ರೂಬಿ ಸರಳಿನಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ಫುರಣದೀಪದ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡಿ ಪ್ರಕಾಶೀಯ ಸಂಯೋಜನಾ ದಕ್ಷತೆ (Optical coupling efficiency)ಯನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಸ್ಫುರಣದೀಪದ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಪ್ರಕಾಶದ ಪರಿಮಾಣವೇ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ರೀತಿಯಿಂದ ಸಂಯೋಜನಾ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವದರಿಂದ ಯಾವ ಪ್ರಯೋಜನವೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ.

ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಇನ್ನೂ ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ಸ್ಫುರಣದೀಪಗಳನ್ನೇ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ದೀರ್ಘವೃತ್ತೀಯ ಕುಹರದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಂದಿವೆ. ಈ ಬಗೆಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (3–6) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ವಿಧವಾದ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ



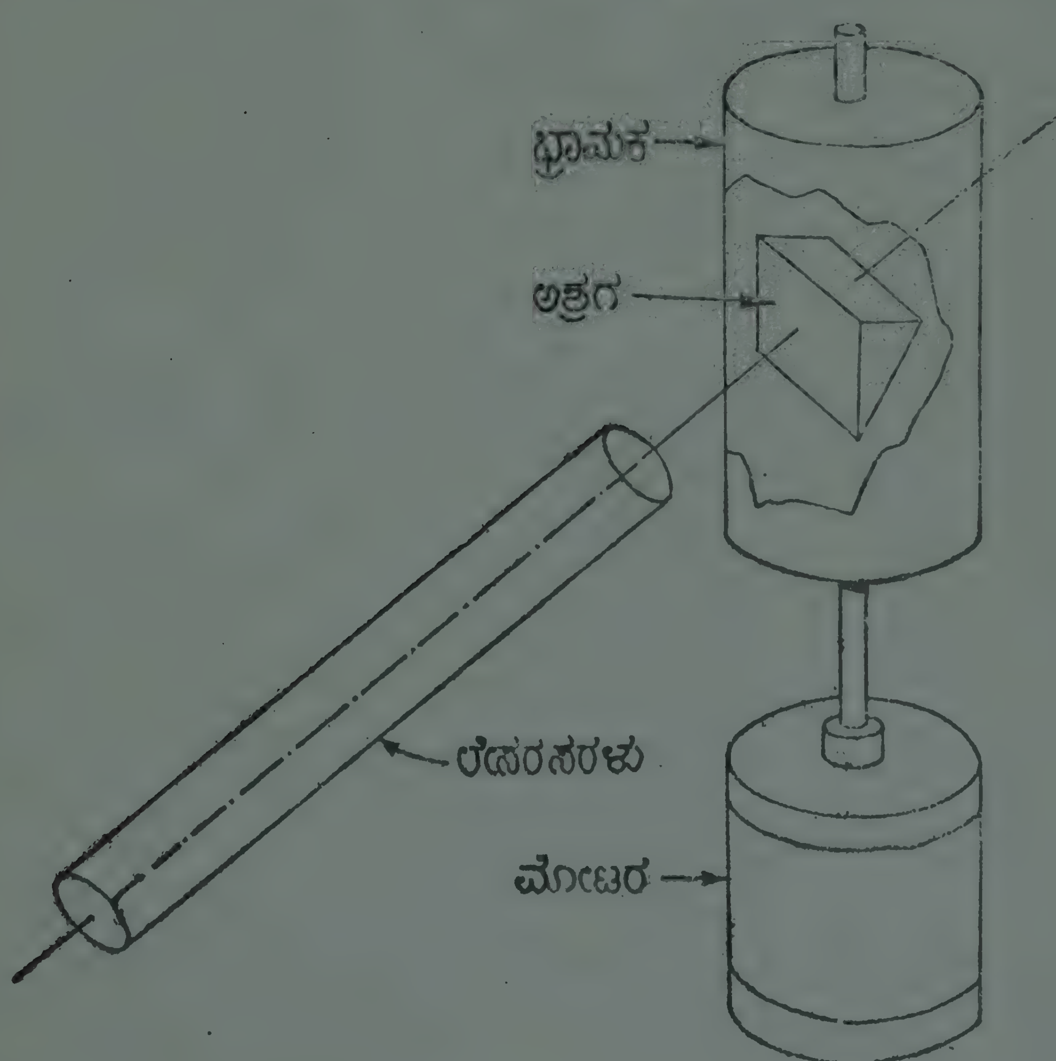
ಚಿತ್ರ (3–6)

ಪ್ರಕಾಶೀಯ ಸಂಯೋಜನಾ ದಕ್ಷತೆಯು ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ (3–6) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ದೀರ್ಘವೃತ್ತೀಯ ಕುಹರವನ್ನು ಬೆಳ್ಳಿ ಲೇಪಿತ ಹಿತ್ತಾಳೆಯಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಒಳಭಾಗಕ್ಕೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಮೆರುಗು ಕೊಡಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ರೂಬಿ ದಂಡದ ಎರಡೂ ಮೈಗಳನ್ನು ಉಜ್ಜಿ ಅವು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಡೀ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ತಂಪಿನಲ್ಲಿಡಲು ಪ್ರವಾಹಿ ನೈಟ್ರೋಜನ್ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅದು ರೂಬಿ ಸರಳಿನ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು $77^\circ K$ ಗಳಿಗಿಳಿಸು

ತ್ತದೆ. 6 ಅಂಗುಲ ಉದ್ದ ಮತ್ತು 0.75 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸವಿರುವ ರೂಬಿ ಸರಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅಷ್ಟೇ ಗಾತ್ರದ ಸ್ಫುರಣದೀಪವನ್ನು ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಆ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ದಕ್ಷತೆ, ಉಷ್ಣತೆ $300°K$ ಇದ್ದಾಗ ಪ್ರತಿಶತ 0.6 ಮತ್ತು ಉಷ್ಣತೆ $77°K$ ಇದ್ದಾಗ ಪ್ರತಿಶತ 1.2 ಇರುತ್ತದೆ.

3.4 ಲೇಸರ್ ದೈತ್ಯ ತೆನೆಗಳು

ಈಗಾಗಲೇ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ, ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಅರೆಪಾರದರ್ಶಕ ಬದಿಯಿಂದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಸಿಡಿದು ಬರುತ್ತದಷ್ಟೆ. ಹೀಗೆ ಬೆಳಕು ಸಿಡಿದು ಬರುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಳವೊಂದನ್ನಿರಿಸಿ, ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಮಾಣದ ಬೆಳಕು ಸಂಗ್ರಹವಾದಾಗ, ಮುಚ್ಚಳವನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಿದರೆ, ಅತ್ಯಂತ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಮತ್ತು ಅಧಿಕ ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತೆನೆ ಸಿಡಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ದೈತ್ಯ ತೆನೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.



ಚಿತ್ರ (3–7)

ಈ ದೈತ್ಯ ತೆನೆಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಕೋಟ್ಯಾವಧಿ ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ (3–7)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರ (3–7)

ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ಪ್ರಕಾರ ಲೇಸರ್ ದಂಡವು ಚಲಿಸುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣಶೀಲ ಅಶ್ರಗವನ್ನಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದು ಪ್ರತಿ ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ 24,000 ಸುತ್ತು ಹಾಕುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯಿಂದ ಲೇಸರ್ ದೈತ್ಯ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ಯೂ ಸ್ವಿಚಿಂಗ್ (Mechanical Q-switching) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆಯುವ ದೈತ್ಯ ತೆನೆಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 10^9 ದಿಂದ 10^{10} ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ತೆನೆಗಳು ಕೆಲ ನ್ಯಾನೋಸೆಕೆಂಡು*ಗಳಷ್ಟು ಉದ್ದವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

---

*1 ನ್ಯಾನೋ ಸೆಕೆಂಡು $= 10^{-9}$ ಸೆಕಂಡು

ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರ್

ಮೈಮಾನನು ರೂಬಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ ತರುವಾಯ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಕೆಲದಿನಗಳಲ್ಲಿಯೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ತಿಳಿಯುವ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ, ಅರೆವಾಹಕಗಳನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ತಿಳಿಯುವಾ.

4.1 ಅರೆವಾಹಕಗಳು

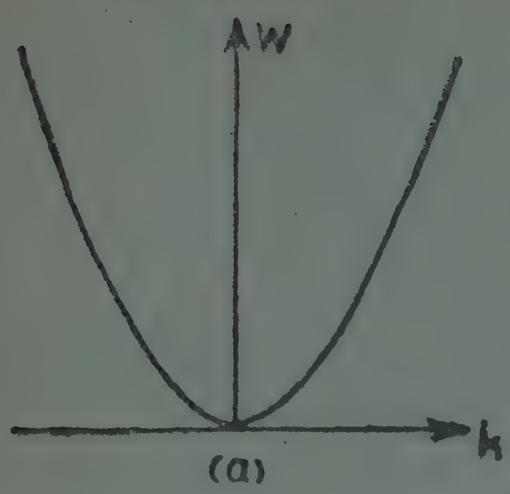
ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವಿವಿಧ ಕವಚಗಳಲ್ಲಿ ವಿತರಣೆಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಮೊದಲನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರಕವಚ(Outermost shell)ದಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು, ಅದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುತ್ತವೆ. ಹೊರಕವಚದಲ್ಲಿ 5, 6 ಅಥವಾ 7 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿದ್ದರೆ, ಅಂತಹ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಅಲೋಹಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಪ್ರವಹಿಸಲಾರದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಅವಾಹಕ (Insulator)ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕ್ಲೋರಿನ್, ಸಲ್ಫರ್, ಫಾಸ್ಫರಸ್ ಮುಂತಾದವು ಇವಕ್ಕುದಾಹರಣೆಯಾಗಿವೆ. ಹೊರಕವಚದಲ್ಲಿ 1, 2 ಹಾಗೂ 3 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರುವ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳೆಲ್ಲ ಲೋಹಗಳು. ಇವು ಉತ್ತಮ ಉಷ್ಣವಾಹಕಗಳಿದ್ದಂತೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳೂ ಹೌದು. ತಾಮ್ರ, ಮೆಗ್ನೀಶಿಯಂ ಮತ್ತು ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಇವು ಇವಕ್ಕುದಾಹರಣೆಯಾಗಿವೆ. ಇನ್ನು ಹೊರಕವಚದಲ್ಲಿ 4 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರುವ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಇತ್ತ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಅವಾಹಕದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುವುದಿಲ್ಲ,

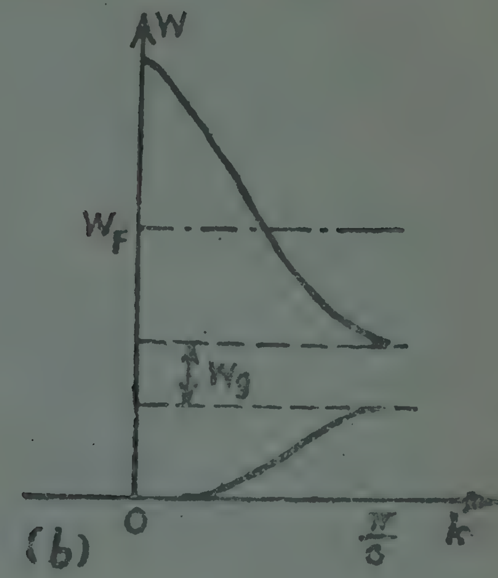
ಅತ್ತ ಉತ್ತಮ ವಾಹಕಗಳಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇವು ನಡುವಂತರದ ಲೋಹ ಗಳು. ಸಿಲಿಕಾನ್, ಜರ್ಮೇನಿಯಂ, ಕಾರ್ಬನ್ ಇವಕ್ಕುದಾಹರಣೆಗಳಾಗಿವೆ. ಉಷ್ಣತೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದಾಗ ಈ ಬಗೆಯ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಾಲ್ಕೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಬಂಧನಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಆಗ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಅವು ಆದರ್ಶ ಅವಾಹಕ ಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಲೆದಾಟ ಅಧಿಕವಾಗಿ ಅಲ್ಲೊಂದು ಇಲ್ಲೊಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಬಂಧನದಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈಗ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿದರೂ ಸಾಕು, ಈ ಅಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮುಕ್ತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬದಿಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಬದಿಗೆ ಸಾಗಿ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹುಟ್ಟಿಸುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಈ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ವಾಹಕಗಳಂತೆಯೂ, ಇನ್ನೊಮ್ಮೆ ಅವಾಹಕ ಗಳಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಅರೆವಾಹಕ (Semi-conductor) ಗಳೆಂದು ಕರೆದರು. ಇದೇ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಗಣಿತರೀತ್ಯಾ ಕೂಡ ಕೆಳಗಿನಂತೆ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಆಯತಾಕಾರದ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು

$$\cos kc = \frac{\beta^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta} \sin \alpha a \sin h\beta b + \cos \alpha a \cos h\beta b \tag{1–9}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಈಗಾಗಲೇ ದೊರಕಿಸಿದ್ದೇವೆ (1ನೇ ಅಧ್ಯಾಯ ಸಮೀಕರಣ 1–9 ನೋಡಿರಿ). ಅಲ್ಲದೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿ W, ಮತ್ತು ಆವೇಗ k, ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಆಲೇಖವನ್ನು ಚಿತ್ರ (1–2)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಮುಕ್ತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದಾಗ, ಮುಕ್ತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು $W = \frac{k^2 h^2}{8\pi^2 m}$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (4–1)ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. ಇದರ ಆಲೇಖವು ಪರವಲಯಾಕಾರದ್ದಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಮುಕ್ತ ಕಣವು ಶಕ್ತಿಯ ಎಲ್ಲ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಲ್ಲದು. ಆದರೆ ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರದ ಮೇರೆಗೆ ಬಂಧಿತ (Bound) ಕಣವು $K = \pm n(\pi/c)$ ಇದ್ದಾಗ ಶಕ್ತಿ Wಗೆ ಯಾವ ಮೌಲ್ಯಗಳಿರುತ್ತವೆಯೋ ಆ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಲಾರದು. ಈ ಮೌಲ್ಯಗಳಿ ರುವ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗಳನ್ನು ಶಕ್ತಿಯ ಸಂದು (Energy gap)ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (4–2)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ($W \longrightarrow k$) ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ ಅನೇಕ





ಚಿತ್ರ(4–1) (ಚಿತ್ರ 4–2)

ಮಹತ್ವದ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಕಣದ ಗುಂಪುವೇಗ (Group velocity) ವನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (4–1)ರಿಂದ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d}{dk}(2\pi\nu) = \frac{2\pi}{h}\,\frac{dW}{dk} \qquad (4\text{–}1)$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಕಣದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{2\pi}{h}\,\frac{d^2W}{dk\,dt} = \frac{2\pi}{h}\,\frac{d^2W}{dk^2}\,\frac{dk}{dt} \qquad (4\text{–}2)$$

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವು ಆವೇಗದಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

E ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಚಲಿಸುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. dt ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು dWದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದರೆ,

$$dW = eE\,ds = eE\,(2\pi/h)\left(\frac{dW}{dk}\right)dt$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$\frac{dk}{dt} = e\,E\,\frac{2\pi}{h} \qquad (4\text{–}3)$$

ಈ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು (4-2)ರಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ

$$a=\left(\frac{2\pi}{h}\right)^2\frac{d^2W}{dk^2}\,e\,E \qquad (4\text{–}4)$$

ಆಗುತ್ತದೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಚಲಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ (ಅದರ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದಾದಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ) ಅದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅಧಿಕ ವೇಗದ ಕಾರಣದಿಂದ ಬದಲಾದ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (Effective mass) ಎಂದೆನ್ನುತ್ತಾರೆ.

$F=m^*a$ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ m^* ಕಣದ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿರಲಿ. ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ. (4–4)ರಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ,

$$m^*=\frac{(h/2\pi)^2}{d^2W/dk^2} \qquad (4\text{–}5)$$



ಚಿತ್ರ (4–3)

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಆಲೇಖದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿದಾಗ ಅದು ಚಿತ್ರ (4–3)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಪಟ್ಟಿಯ ಕೆಳಗಿನ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಧನ ಮೌಲ್ಯವನ್ನೂ, ಮೇಲಿನ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಋಣ ಮೌಲ್ಯವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಭರ್ತಿಯಾದ ಪಟ್ಟಿಯೊಂದನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿಯ j ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವನ್ನು v_j ದಿಂದ ಸೂಚಿಸುವಾ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳೆಡೆಗೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಅಸಾಧ್ಯವಾದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದುಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$I=-e\sum v_j=-e(v_j+\sum_{i\neq j}v_i)=0 \qquad (4\text{–}6)$$

ಔಷ್ಣಿಕ ಆಂದೋಳನದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅಥವಾ ಮತ್ತಾವುದೇ ಕಾರಣದಿಂದ j ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು

$$I = -e \sum_{i \neq j} v_i = +ev_j \neq 0$$

ಕಾಲದೊಡನೆ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲುಂಟಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯು

$$\frac{dI}{dt} = e\frac{dv_j}{dt} = -e^2\frac{E}{m_j^*} \quad \left(\because \frac{dv_j}{dt} = \frac{-eE}{m_j^*}\right) \quad (4\text{–}7)$$

ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಂ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವದೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿರುವದರಿಂದ m_j^* ಋಣ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರವು ಧನ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ m^* (ಧನ ಮಾಲ್ಯದ) ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವುಂಟಾಗುತ್ತದೆಂದೂ ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ರಂಧ್ರ (Hole) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇದು ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಇನ್ನೊಂದು ಬಗೆ.

ಈಗಾಗಲೇ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ತುಂಬಿದ ಕವಚದಿಂದ (ಇದನ್ನು ಭರ್ತಿಯಾದ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದೆ) ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಕಳಚಿಕೊಂಡರೆ ಅಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಥಾನ ಬರಿದಾಗುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ ಒಂದು ರಂಧ್ರ ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇನ್ನೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಕಳಚಿಕೊಂಡು ಬಂದು ಈ ರಂಧ್ರವನ್ನು ತುಂಬಿದಾಗ, ಆ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರವು ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದೇ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಎರಡನೆಯ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಮೊದಲನೆಯ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಚಲಿಸಿತೆಂದು ಹೇಳುವುದರ ಬದಲಾಗಿ, ರಂಧ್ರವು ಮೊದಲನೆಯ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಚಲಿಸಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಅದೂ ಸರಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲು ಸಭೆಯ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಸಭೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದರ ಹಿಂದೆ ಒಂದರಂತೆ ಅನೇಕ ಸಾಲುಗಳಲ್ಲಿ ಕುರ್ಚಿಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರಷ್ಟೆ. ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಸಭಿಕರಿಂದ ತುಂಬಿಕೊಂಡಿವೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯುವಾ. ಕೆಲ ಕಾಲದನಂತರ ಮುಂದಿನ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿರುವ ಕುರ್ಚಿಗಳಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಿರುವ ಜನ ಎದ್ದು ಹೊರಟು ಹೋದಾಗ, ಎರಡನೆಯ ಸಾಲಿನ ಕುರ್ಚಿಗಳಲ್ಲಿ ಕುಳಿತ ಜನ ಅವನ್ನಾಕ್ರಮಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈಗ ಎರಡನೆಯ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿರುವ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಬರಿದಾಗುತ್ತವೆ. ಮೂರನೆಯ ಸಾಲಿನ ಜನ ಇವನ್ನಾಕ್ರಮಿಸಿದಾಗ ಮೂರನೆಯ ಸಾಲಿನ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಬರಿದಾಗುತ್ತವೆ. ದೂರ

ದಲ್ಲಿ ನಿಂತು ನೋಡುವ ಪ್ರೇಕ್ಷಕನಿಗೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಜನರು ಮುಂದೆ ಚಲಿಸಿದಂತೆ, ಬರಿದಾದ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಹಿಂದೆ ಚಲಿಸಿದಂತೆ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಜನರನ್ನು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಂಗಳಿಗೂ, ಕುರ್ಚಿಗಳನ್ನು ರಂಧ್ರಗಳಿಗೂ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಈಗಾಗಲೇ ವಿವರಿಸಿದ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಣ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಅರೆವಾಹಕದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ರಂಧ್ರದ ಚಲನೆಯು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಅಭಾವದ ಕಾರಣದಿಂದಾದ ಚಲನೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಮತ್ತು ಅದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವದರಿಂದ, ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣದ ಚಲನೆಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಗಣಿತದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹಲವು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ನೆಗೆಯುತ್ತವೆ ಎಂಬುದರ ಬದಲು ಒಂದೇ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ರಂಧ್ರದ ಚಲನೆ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಸರಳ ರೀತಿ. ಇದನ್ನೇ ಹಿಂದಿನ ಪರಿಚ್ಛೇದದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈಗ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿರುವ ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವಾ. ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ W ಮತ್ತು $W+dw$ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿಯ ಶಕ್ತಿಯಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಶ್ರೋಡಿಂಗರನ ಸಮೀಕರಣ ಮತ್ತು ಸಾಂಖ್ಯಿಕೀಯ (Statistical) ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದಾಗ, ಅದು

$$\frac{dN}{V}=8\sqrt{2}\ \frac{\pi m^{3/2}}{h^3}\sqrt{W}\ dW \tag{4-8}$$

ಆಗುತ್ತದೆ. dN ಇದು V ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ ಇದನ್ನೇ $\frac{dN}{dW} \propto \sqrt{W}$ ಎಂದೂ ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಸೂತ್ರವು ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಪಟ್ಟೆಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿರುವದಿಲ್ಲ. (ಅಥವಾ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಸಂದುಗಳಿರುವದಿಲ್ಲ.) ಮತ್ತು ಆ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಯಾವುದೇ ಮೌಲ್ಯದ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವಾಗಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಪೂರ್ತಿ ತುಂಬಿಕೊಂಡಿರದ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ಸಂದುಗಳಿರುವ ಪಟ್ಟೆಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು W_1 ದಿಂದಲೂ ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು W_2 ದಿಂದಲೂ ಸೂಚಿಸುವಾ. ಸಮೀಕರಣ (4–8) ಈ ಎರಡು ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ.

$$\left.\begin{aligned}\frac{dN}{V}&=8\pi\sqrt{2}\ \frac{m^{3/2}}{h^3}\sqrt{W-W_1}\ dW\\ \frac{dN}{V}&=8\pi\sqrt{2}\ \frac{m^{3/2}}{h^3}\sqrt{W_2-W}\ dW\end{aligned}\right\} \tag{4-9}$$

(4–9)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಯಾವುದೇ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾದ ಫರ್ಮಿ-ಡಿರ್ಯಾಕ್ ಸಾಂಖ್ಯಿಕೀಯ ನಿಯಮದ ಮೇರೆಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$f(W) = \frac{1}{1+exp\,[(W-W_F)/kT]} \qquad (4\text{–}10)$$

k ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ನನ ಸ್ಥಿರಾಂಕ

W_F ಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟ

ಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟದ ಮೌಲ್ಯದ ನಿರಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣತೆ T ಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿ ಘನಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$N = \int f(W)\frac{dN}{dW}\,dW$$

$$= 8\pi\sqrt{2}\,\frac{m^{3/2}}{h^3}\int\frac{\sqrt{W}\,dW}{1+exp\,[(W-W_F)/kT]} \qquad (4\text{–}11)$$

$T=0$ ಇದ್ದಾಗ

$$N = 8\pi\sqrt{2}\,\frac{m^{3/2}}{h^3}\;\frac{2}{3}\,W_{Fo}^{3/2} \qquad (4\text{–}12)$$

ಆದ್ದರಿಂದ $T=0$ ಇದ್ದಾಗ, ಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು (4–13) ಸಮೀಕರಣ ದಿಂದ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$W_{Fo} = W_F(0) = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3N}{8\pi}\right)^{2/3} \qquad (4\text{–}13)$$

ಕೆಲವೊಂದು ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲಕಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟವು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುತ್ತದೆ. $T=0$ ಇದ್ದಾಗ ಎಲ್ಲ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟದ ಕೆಳಗಡೆಯೇ ಇರುವುದರಿಂದ ವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೇ ಇರುವು ದಿಲ್ಲ. ಎರಡೂ ಪಟ್ಟಿಗಳ ನಡುವಿರುವ ಶಕ್ತಿಯ ಸಂದು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದರೆ,

(ಉದಾಹರಣೆಗೆ 1ರಿಂದ 3 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟಗಳಷ್ಟು) ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಕೆಲವೊಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು, ಉಷ್ಣತೆ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿಯ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದುಂಟಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ್ದು. ಈ ಬಗೆಯ ಸ್ಫಟಿಕವನ್ನು ಅಂತರ್ಗತ (Intrinsic) ಅರೆವಾಹಕವೆಂದೆನ್ನುವರು.

ವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (4–9) ರಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. (4–10)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ

$$f(W)=exp\left(-\frac{W-W_F}{kT}\right) \qquad (4\text{–}14)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. (4–9) ಮತ್ತು (4–14) ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಿದಾಗ ಪ್ರತಿ ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

$$n=\int_{W_\circ}^{W} exp\left(-\frac{W-W_F}{kT}\right)8\pi\sqrt{2}\left(\frac{m_e^*}{h^3}\right)^{3/2}\sqrt{W-W_c}\;dW$$

$$=4\sqrt{2}\left(\frac{\pi m_e^* kT}{h^2}\right)^{3/2} exp\left(-\frac{W_c-W_F}{kT}\right)$$

$$n=N_c\,exp\left(-\frac{W_c-W_F}{kT}\right) \qquad (4\text{–}15)$$

ಅದರಂತೆಯೇ $f(W)=1-exp\,[-(W-W_F)/kT]$ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿಯ ಪ್ರತಿ ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

$$p=\int_{W}^{W_\circ}[1-f(W)]\,\frac{dN}{dW}dW$$

$$\therefore \qquad p=4\sqrt{2}\left(\frac{\pi m_h^* kT}{h^2}\right)^{3/2} exp\left(-\frac{W_F-W_v}{kT}\right)$$

$$p=N_v\,exp\left(-\frac{W_F-W_v}{kT}\right) \qquad (4\text{–}16)$$

N_c ಮತ್ತು N_vಗಳು ಸ್ಥಿರಾಂಕಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವೆರಡರ ಮೌಲ್ಯ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಒಟ್ಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಟ್ಟು ರಂಧ್ರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ $n=p$. ಈ ನಿಬಂಧನೆಯಿಂದ ಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದಾಗ, ಅದು

$$W_{Fi} = \frac{W_v+W_c}{2}+\frac{3}{4}\,kT\,ln\,\frac{m_h^*}{m_e^*} \qquad (4\text{–}17)$$

ರಂಧ್ರ ಮತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ವಾಹಕ ಪಟ್ಟೆಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಮೂಲವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಹಾಗೂ ಸಿಲಿಕಾನ್‌ಗಳು ಉತ್ತಮ ಅರೆವಾಹಕಗಳು. $T=0$ ಇದ್ದಾಗ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಅವಕಾಶಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 0.75 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಮತ್ತು 1.11 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಇರುತ್ತವೆ. $T=300°K$ ಇದ್ದಾಗ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಹಾಗೂ ಸಿಲಿಕಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ರಂಧ್ರಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 2.5×10^{13} ಹಾಗೂ 1.4×10^{10} ಇರುತ್ತದೆ.

ಕೆಲ ಸಂಯುಕ್ತಗಳೂ ಕೂಡ ಅರೆವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಸಂದುಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಅರೆವಾಹಕಗಳು	ಶಕ್ತಿಯ ಸಂದು (ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ
ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಅರ್ಸೆನೈಡ್ (GaAs)	1.58
ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಫಾಸ್ಫೈಡ್ (GaP)	2.40
ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಆಂಟಿಮನೈಡ್ (GaSb)	0.80
ಇಂಡಿಯಂ ಆಂಟಿಮನೈಡ್ (InSb)	0.26
ಇಂಡಿಯಂ ಅರ್ಸೆನೈಡ್ (InAs)	0.46

ಹೀಗೆ ವಸ್ತುವಿನ ವಾಹಕತ್ವವು ಶಕ್ತಿಯ ಸಂದಿನ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಶಕ್ತಿಯ ಸಂದು ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ವಸ್ತುವು ಅವಾಹಕದಂತೆಯೂ,

ಶೂನ್ಯವಾಗಿದ್ದರೆ ಉತ್ತಮ ವಾಹಕದಂತೆಯೂ, ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದರೆ ಅರೆವಾಹಕ ದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಅರೆವಾಹಕಗಳಿಗೆ ತೀರ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಮೂರು ಅಥವಾ ಐದು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (Valency)ವಿರುವ ಮೂಲವಸ್ತುವನ್ನು ಬೆರೆಸಿದರೆ, ಅದರ ವಾಹಕತ್ವ ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾ ಹರಣೆಗೆ ಶುದ್ಧ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಮೂಲವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಲಕ್ಷದಲ್ಲೊಂದು ಪಾಲು ಇಂಡಿಯಂ ಅಥವಾ ಗ್ಯಾಲಿಯಂನಂತಹ ಮೂರು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಮೂಲವಸ್ತುವನ್ನಾಗಲೀ ಇಲ್ಲವೇ ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಅಥವಾ ಆಂಟಿಮನಿಯಂತಹ ಐದು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ಮೂಲವಸ್ತುವನ್ನಾಗಲಿ ಬೆರೆಸಿದಾಗ, ಅದರ ವಾಹಕತ್ವದಲ್ಲಾಗುವ ಹೆಚ್ಚಳವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದ ವಾಹಕತ್ವಕ್ಕೆ ಆಗಂತುಕ (Extrinsic) ವಾಹಕತ್ವವೆಂದು ಹೆಸರು. ಬೇರೊಂದು ಮೂಲವಸ್ತುವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದಾಗ ಅರೆವಾಹಕಗಳ ವಾಹಕತ್ವದಲ್ಲುಂಟಾಗುವ ಹೆಚ್ಚಳಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನು ? ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಉದ್ಭವಿಸುವದು ಸಹಜ. ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರಕವಚದಲ್ಲಿ ಮೂರೇ ಮೂರು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಅದು ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲಕದ ಪರಮಾಣುವೊಂದರ ಸ್ಥಾನವನ್ನಾಕ್ರಮಿಸಿದಾಗ, ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣು ವೊಂದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ ತಾನೂ ಹೊರಕವಚದಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಗಳನ್ನಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಗೊಂಡು, ಜರ್ಮೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ರಂಧ್ರಕ್ಕೆಡೆಗೊಡುತ್ತದೆ. ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳೆಲ್ಲ ಹೀಗೆ ಮಾಡುವದರಿಂದ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ರಂಧ್ರದ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶ ದೊರೆತು ಅದು ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಜರ್ಮೇನಿಯಂನಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸುವದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ ಸ್ವೀಕಾರಕ (Acceptors) ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು ಬಂದಿತು. ಒಂದು ವೇಳೆ ಐದು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಮೂಲವಸ್ತುವಾದ ಆಂಟಿಮನಿಯನ್ನು ಬೆರೆಸಿದರೆ ಅವು ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲಕವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಾಗ ಆ ಜಾಲಕದ ಪರಮಾಣುಗಳಂತೆ ಅವು ನಾಲ್ಕೇ ನಾಲ್ಕು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊರಕವಚದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಆಂಟಿಮನಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರಕವಚದಲ್ಲಿರುವ ಐದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪೈಕಿ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಅನೇಕ ಆಂಟಿಮನಿ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಬಂದ ಮುಕ್ತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಜರ್ಮೇನಿಯಂನ್‌ನ ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಐದು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಮೂಲವಸ್ತುವು ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು

ದಾತೃ (Doner) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮೂರು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಮೂಲವಸ್ತುವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದ ಸ್ಫಟಿಕಗಳನ್ನು p–ಮಾದರಿಯ ಅರೆವಾಹಕಗಳೆಂದೂ ಐದು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ಮೂಲವಸ್ತುವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದ ಸ್ಫಟಿಕವನ್ನು n–ಮಾದರಿಯ ಅರೆವಾಹಕಗಳೆಂದೂ ಕರೆಯುವ ರೂಢಿಯುಂಟು.

ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ರಂಧ್ರಗಳು ಒಂದೇ ಸ್ಫಟಿಕ ಆವೇಗ (Crystal momentum) ವುಳ್ಳವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅಂತಹವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಸಂದು (Direct gap) ರಚನೆಯ ಅರೆವಾಹಕಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಬಗೆಯ ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಆವೇಗ ನಿತ್ಯತ್ವವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವದಕ್ಕಾಗಿ ರಂಧ್ರ ಹಾಗೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಒಂದುಗೂಡುವಾಗ ಫೋನಾನ್ (Phonon) ಎಂಬ ಇನ್ನೊಂದು ಕಣದ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಅರೆವಾಹಕಗಳನ್ನು ಪರೋಕ್ಷ ಸಂದು (Indirect gap) ರಚನೆಯ ಅರೆವಾಹಕಗಳೆಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಸಂದು ರಚನೆಯ ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವದು ಸುಲಭ. ಆದರೆ ಪರೋಕ್ಷ ಸಂದು ರಚನೆಯ ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಇಂತಹ ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯುಂಟಾಗುವ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಯಷ್ಟೇ, ಇನ್ನುಳಿದ ರೀತಿಯಿಂದ ವಿಕಿರಣವು ನಷ್ಟವಾಗಿ ಬಿಡುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಯೂ ಇರುತ್ತದೆ.

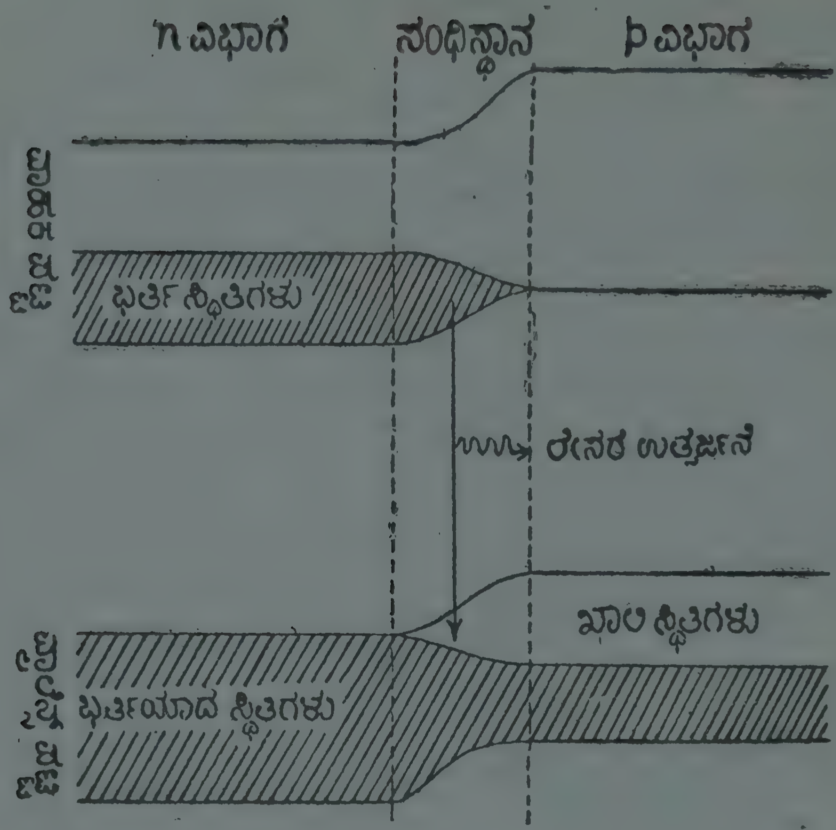
4.2 ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ

p–ಮಾದರಿಯ ಹಾಗೂ n–ಮಾದರಿಯ ಎರಡು ಸ್ಫಟಿಕಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಂಟಿಸಬೇಕು. ಅವೆರಡೂ ಅಂಟಿಕೊಂಡ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಸಂಧಿ ಸ್ಥಾನವೆಂದೂ ಮತ್ತು ಇಡೀ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಲೇಸರ್ ಕುಹರವೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಸ್ಫಟಿಕಗಳ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ (4–4)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. n–ಮಾದರಿಯ ವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿಯ ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ತುಂಬಿಕೊಂಡಿದ್ದು, p–ಮಾದರಿಯ ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು ಬರಿದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯುಂಟಾಗಬೇಕಾದರೆ

$$\triangle F > h\nu \qquad (4\text{–}18)$$

ಇರಬೇಕು. $\wedge F$, ಇದು ವಾಹಕ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅರೆಫರ್ಮಿ ಮಟ್ಟ



(ಚಿತ್ರ 4-4)

ಗಳ (Quasi Fermi level) ನಡುವಿನ ಅಂತರವಿದ್ದು, ν ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ವಿಕಿರಣದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿಯ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಗಳಿಂದ ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ನಡೆಯುವ ನೇರವಾದ ಸಂಕ್ರಮಗಳು (4–18)ನೆಯ ನಿಬಂಧನೆಗನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನೇ ವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿಯ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಪಟ್ಟಿಯ ಒಂದು ರಂಧ್ರದೊಡನೆ ಸೇರಿಕೊಂಡು ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಫೊಟಾನಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರ ಬರುತ್ತದೆ ಎಂದೂ ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ವಿಕಿರಣಾತ್ಮಕ ಪುನಃ ಸಂಯೋಗ (Radiative recombination)ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. (4–18)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣವು ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಾಗಬೇಕಾದರೆ ಆವಶ್ಯಕ ವಾದ ನಿಬಂಧನೆಯೇ ವಿನಃ ಅದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರವರ್ಧನೆಯುಂಟಾಗಲೇಬೇಕೆಂಬ ನಿಯಮವೇನಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಲಾರದು. ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಬೇಕಾದರೆ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವ್ಯಾಲೆನ್ಸ್ ಪಟ್ಟಿಯ ರಂಧ್ರದೊಡನೆ ಸೇರಿಕೊಂಡು ಫೊಟಾನನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬೇಕು ಮತ್ತು ಈ ಫೊಟಾನು ನಂತರ ಅನೇಕ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿ, ಅವು ರಂಧ್ರಗಳೊಡನೆ ಸೇರಿಕೊಂಡು ಫೊಟಾನುಗಳನ್ನುತ್ಸರ್ಜಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಕ್ರಿಯೆ ಸಹಜವಾಗಿ ನೆರವೇರಲಾರದು. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಅರೆವಾಹಕ ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಬೇಕು. ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ

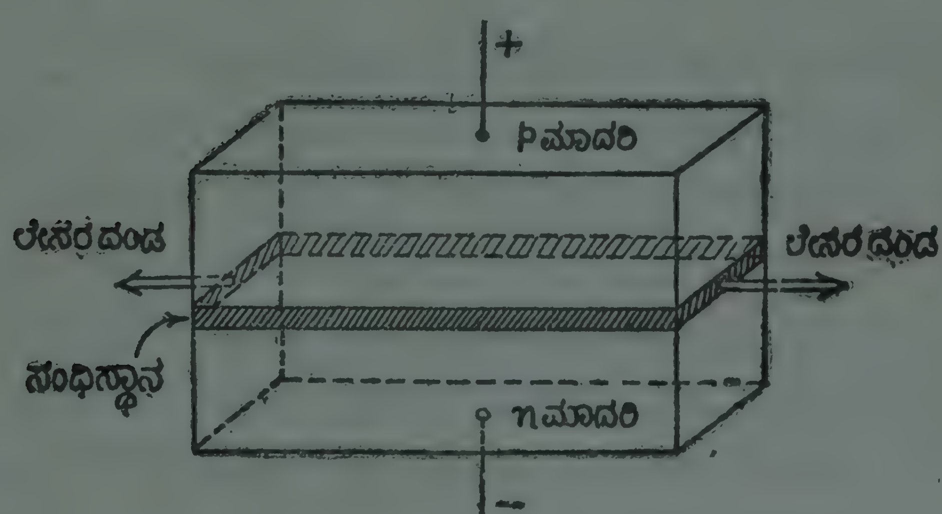
ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಕನಿಷ್ಠತಮ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (4–19) ರಿಂದ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$I_{th} = I_{\circ}\, e^{-T/T_{\circ}} \qquad (4\text{–}19)$$

$I_{\circ}$ ಮತ್ತು $T_{\circ}$ ಸೂಕ್ತ ಪ್ರಾಚರಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಅರೆವಾಹಕದ ಉಷ್ಣತೆ T (ನಿರಪೇಕ್ಷ ಡಿಗ್ರಿಗಳಲ್ಲಿ) ಇದ್ದಾಗ ಅದರಲ್ಲಿ I_{th} ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯಿಸಿದಾಗ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ.

4.3 ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಅರ್ಸೆನೈಡ್ ಲೇಸರ್

1962ರಲ್ಲಿ ಹಾಲ್, ನಾಥನ್ ಹಾಗೂ ಕ್ವಿಸ್ಟ್ ಎಂಬ ಮೂವರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಅರೆವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದರು. ಅವರು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಗ್ಯಾಲಿಯಂ-ಅರ್ಸೆನೈಡ್ ಡೈಯೋಡನ್ನು (p–n GaAs) ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದರು. ಇದರಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸ್ಥಾನವು ಕೇವಲ $\frac{1}{10,000}$ ಅಂಗುಲದಷ್ಟು ದಪ್ಪದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (4–5)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ ಮೂಲಕ n–ಮಾದರಿಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕು. ಆಗ ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿ p ಮಾದರಿಯ ಭಾಗದಿಂದ ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದೆಡೆಗೆ ನುಗ್ಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ



ಚಿತ್ರ (4–5)

ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ರಂಧ್ರ ಎರಡೂ ಸೇರಿ ಒಂದು ಫೋಟಾನನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಫೋಟಾನು ಮೊದಲೇ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ ಅನೇಕ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ಯಾವ ಅಡೆತಡೆಗಳಿಲ್ಲದೆ ನಡೆಯಲು, ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದ ಎರಡೂ ಮುಖಗಳು ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಲ್ಲದೆ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಮೆರುಗುಕೊಟ್ಟು

ಅವು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯುನ್ನಾರಂಭಿಸಲು ಅಪಾರವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆ (current density)ಬೇಕು. ಗ್ಯಾಲಿಯಂ-ಆರ್ಸೆನೈಡ್ ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯುನ್ನಾರಂಭಿಸಲು ಪ್ರತಿ ಚದರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 10,000 ಅಂಪಿಯರ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು (4–20)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$R \, exp \, [\, (g - \alpha) \, L \,] = 1 \qquad (4\text{–}20)$$

L— ಲೇಸರ ಕುಹರದ ಉದ್ದಳತೆ

g— ಪ್ರತಿ ಏಕಮಾನ ಉದ್ದಳತೆಗೆ ಗಳಿಕೆ

α— ಪ್ರತಿ ಏಕಮಾನ ಉದ್ದಳತೆಗಾಗುವ ನಷ್ಟ

R— ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳ ಪ್ರತಿಫಲಕತೆ

ಲೇಸರ್ ಕುಹರದ ಉದ್ದಳತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅದು ನೀಡುವ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆಂಬ ಸಂಗತಿಯು (4–20)ನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ.

ಸಂಧಿಸ್ಥಾನದ ಉಷ್ಣತೆ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದರೆ. ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯುನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಬೇಕಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದ ಸಾಂದ್ರತೆ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದರೂ ಸಾಕು, ಉಷ್ಣತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಬೇಕು. ಗ್ಯಾಲಿಯಂ-ಆರ್ಸೆನೈಡ್ ಡೈಯೋಡಿನ ಉಷ್ಣತೆ $77°K$ ಇದ್ದಾಗ ಪ್ರತಿ ಚದರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 10^3 ಅಂಪಿಯರ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯಿಸಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯುನ್ನುಂಟುಮಾಡಬಹುದಾದರೆ, $300°K$ ಉಷ್ಣತೆಯಿದ್ದಾಗ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯುನ್ನಾರಂಭಿಸಲು ಪ್ರತಿ ಚದರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 5×10^4 ಅಂಪಿಯರ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

4.4 ಕೆಲ ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರಗಳು

ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಆರ್ಸೆನೈಡ್ ಲೇಸರಿನ ಶೋಧನೆಯ ನಂತರ ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅರೆವಾಹಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಯತ್ನಿಸುವುದರೊಂದಿಗೆ, ಪ್ರಥಮ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಸುಧಾರಿಸಲೂ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರಯತ್ನಿಸತೊಡಗಿದರು. 1963 ರಲ್ಲಿ ಗ್ಯಾಲಿಯಂ-ಆರ್ಸೆನೈಡ್‌ನಲ್ಲಿ $300°K$ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಪಂದಿತ (pulsed)

ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಬರ್ನ್ಸ ಮತ್ತು ನಾಥನ್ ಅವರು ಸಾಧಿಸಿದರು. ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೆ ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. 1963ರಲ್ಲಿಯೇ ಹೊವರ್ಡ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಗ್ಯಾಲಿಯಂ-ಅರ್ಸೆನೈಡ್ ಡೈಯೋಡಿನ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು $2°K$ಗಳಿಗಿಳಿಸಿ ಅದು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದನು. ಅವನು ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಅಂದರೆ 40 ಮಿಲಿ ಅಂಪಿಯರ್‌ಗಳಷ್ಟು. ಉಷ್ಣತೆ $20°K$ ಇದ್ದಾಗಲೂ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ನೆಲ್ಸನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. 1962ರಲ್ಲಿ ಹೊಲೊನೈಕ್ ಮತ್ತು ಬಿವಾಕ್ ಎಂಬಿಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಗ್ಯಾಲಿಯಂ-ಅರ್ಸೆನೈಡ್-ಫಾಸ್ಫೈಡ್ ಹೀಗೆ ಮೂರು ಮೂಲವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ $p–n$ ಡೈಯೋಡನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ $6600°A$ ದಿಂದ $8400°A$ ತರಂಗದೂರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ತರಂಗದೂರವಿರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ವರ್ಧಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಡೈಯೋಡಿನಲ್ಲಿ ಅರ್ಸೆನಿಕ್ ಮತ್ತು ಫಾಸ್ಫರಸ್ ಇವುಗಳ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿ ವಿವಿಧ ತರಂಗದೂರಗಳಿರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು, ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇಂಡಿಯಂ-ಅರ್ಸೆನೈಡ್ ಮತ್ತು ಇಂಡಿಯಂ ಪಾಸ್ಫೈಡ್ ಅರೆವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರಗಳಿಂದ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಫಟಿಕ ಲೇಸರಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಯೋಜನಗಳಿವೆ. ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರಗಳ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪಂಪಿಂಗ ಉಪಕರಣದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲ, ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರಿನ ದಕ್ಷತೆ ನೂರಕ್ಕೆ ನೂರರಷ್ಟು. ಅಂದರೆ ತಾನು ಪಡೆದುಕೊಂಡ ಎಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿಕಿರಣರೂಪದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಇದಕ್ಕಿದೆ. ಮತ್ತು ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆಯುವ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗದೂರವನ್ನು, ಅದರಲ್ಲಿಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಘಟಕಾಂಶಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರಿನ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದಲೂ ಕೂಡ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದಕ್ಕೊದಗಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿ, ಇದರಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹತೋಟಿಯಲ್ಲಿರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲ ಲೇಸರ್

ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆದವು. ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಅವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರಗಳಿಂದ ದೊರೆತ ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತ ಪರಿಶುದ್ಧತೆ (Spectral purity) ಹಾಗೂ ಅವಕಾಶ ಸಂಸಕ್ತತೆ (Spatial coherence) ಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಯಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರ್‌ಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡಲು ಅಂದರೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಲಾರವು. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮಗಳನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡುವಾಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಲಕ್ಷ್ಯ ಅನಿಲಗಳತ್ತ ಹರಿದಿದ್ದರೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನಲ್ಲ.

5·1 ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯ

ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದನೆಯದಾಗಿ ಈಗಾಗಲೇ ಚರ್ಚಿಸಲಾದ 'ಆಪ್ಟಿಕಲ್ ಪಂಪಿಂಗ್' ವಿಧಾನದಿಂದ. ಎರಡನೆಯ ವಿಧಾನವೆಂದರೆ, ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವದು. ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗಳು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗಳು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದಿಂದ ಗತಿಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಅನಿಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಒತ್ತಡವನ್ನು ವಾತಾವರಣದ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಗತಿಶಕ್ತಿಯು ಅಯಾನು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳ ಗತಿಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿಗಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿ ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅವುಗಳಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು

ಪಡೆದುಕೊಂಡು, ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಉದ್ರೇಕಿತಸ್ಥಿತಿಗೇರುತ್ತವೆ. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿಷ್ಠಿತ ಅನಿಲಗಳು, ನೈಟ್ರೋಜನ್, ಅಯೋಡಿನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದಲೇ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಅಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯಿಂದಲೂ ಅನಿಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಒಂದು ಅನಿಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ x ಮತ್ತು y ಹೀಗೆ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿರುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದ x ಪರಮಾಣುವು ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದ y ಪರಮಾಣುವಿನೊಂದಿಗೆ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ನೀಡುವುದರಿಂದ, y ಪರಮಾಣುವು ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಗೇರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತೋರಿಸಿದೆ.

$$x^*+y \rightarrow x+y^*+\triangle E \qquad (5\text{–}1)$$

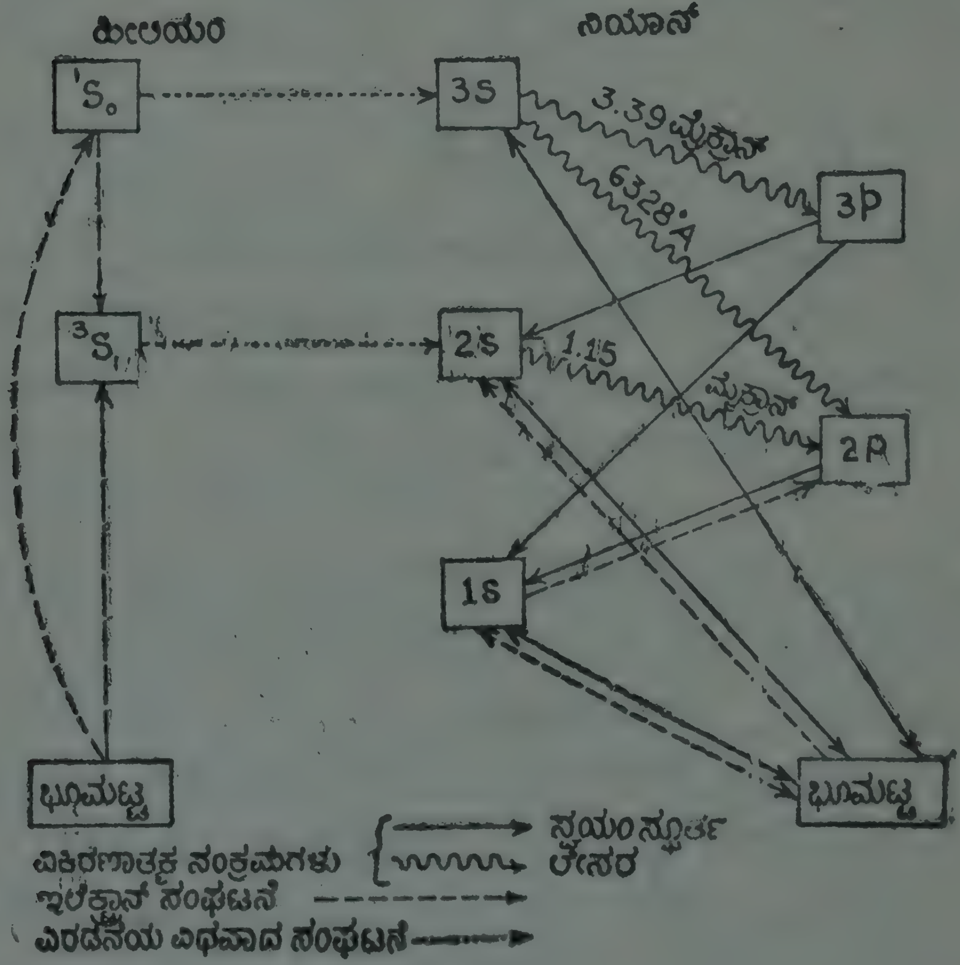
x^* ಮತ್ತು y^* ಇವು x ಮತ್ತು y ಪರಮಾಣುಗಳ ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಉದ್ರೇಕಿತ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮಿತಸ್ಥಿರ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಈ ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ವರ್ಗಾವಣೆ ಹೆಚ್ಚು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಹೀಲಿಯಂ-ನಿಯಾನ್ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಇದೇ ವಿಧಾನದಿಂದ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಆಪ್ಟಿಕಲ್ ಪಂಪಿಂಗ್ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ 'ಪಂಪ್' ಮಾಡಲು ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಆಕರದ ಉತ್ಸರ್ಜನ ರೇಖೆಯ ತರಂಗ ದೂರವು, ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಅನಿಲದ ಶೋಷಣ ರೇಖೆಯ ತರಂಗದೂರಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಬಹಳಷ್ಟು ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುವಿನ ಶೋಷಣ ರೇಖೆಗಳು ರೋಹಿತದ ನೇರಳಾತೀತ ಭಾಗದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜನ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ (ಪಂಪಿಂಗ್) ಆಕರಗಳು ದೊರೆಯುವ ಸಂಭವ ತೀರ ಕಡಿಮೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ರಚಿಸಲಾದ ಲೇಸರು ಕೇವಲ ಒಂದೇ ಒಂದು. ಆಕರದ ಉತ್ಸರ್ಜನ ರೇಖೆ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಪರಮಾಣುಗಳ ಶೋಷಣ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗದೂರಗಳು ನಿಖರವಾಗಿ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಅಂತಹ ಲೇಸರಿನ ದಕ್ಷತೆ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೊಂದು ಪ್ರಯೋಜನವೂ ಉಂಟು. ಅದೆಂದರೆ ಪಂಪ್ ಮಾಡುವ ಆಕರಕ್ಕೆ ಫಿಲ್ಟರನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಮಾತ್ರ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯಿಂದ

ದೊರೆತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯಿಂದ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟು ಮಾಡು ವಾಗ ಈ ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಆಯ್ಕೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

5.2 ಹೀಲಿಯಂ–ನಿಯಾನ್ ಲೇಸರ್

1961 ರಲ್ಲಿ ಅಲಿ ಜವಾನ್, ಬೆನೆಟ್ ಮತ್ತು ಹೆರಿಯಾಟ್ ಎಂಬ ಮೂವರು ಅಮೇರಿಕದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ, ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಈ ಅನಿಲಗಳು ಪರಮಾಣು ಅನಿಲಗಳೆಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿಡಬೇಕು. ಈ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಸಹಾಯಕಾರಿಯಾಗುವ ಹೀಲಿಯಂ ಹಾಗೂ ನಿಯಾನ್ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪದರಲ್ಲಿ ವಿವೇಚಿಸುವಾ. ಈ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ(5–1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



(ಚಿತ್ರ, 5–1)

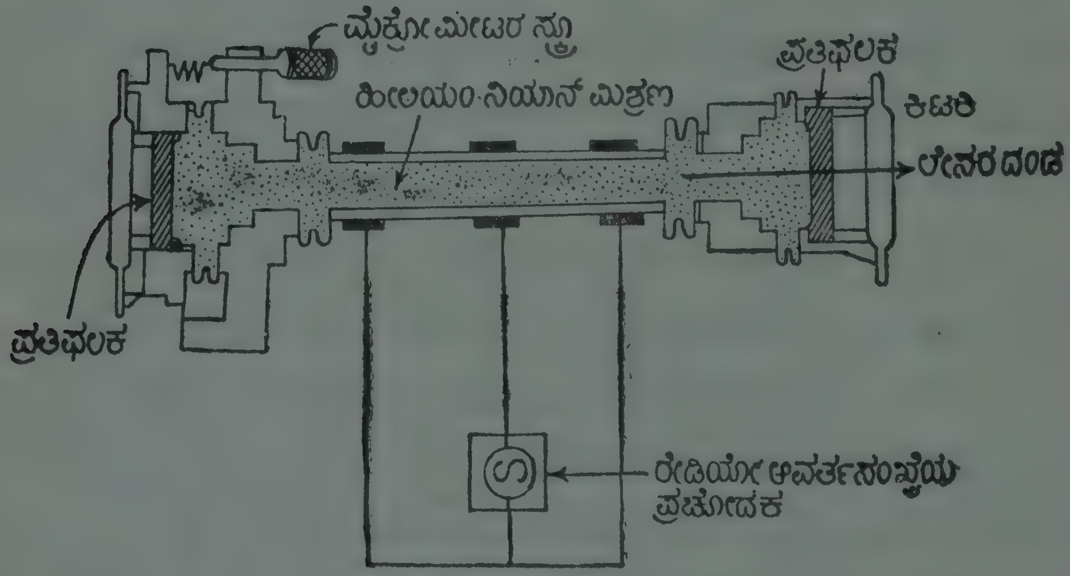
ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿ $^3S_1$ ಹಾಗೂ $^1S_0$ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಮಿತಸ್ಥಿರ ಮಟ್ಟಗಳಾದರೆ, ನಿಯಾನ್‌ನಲ್ಲಿ $2S$ ಹಾಗೂ $3S$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು ಮಿತಸ್ಥಿರ ಮಟ್ಟಗಳಾಗಿವೆ. ಹೀಲಿಯಂನ ಮಿತಸ್ಥಿರಮಟ್ಟಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ನಿಯಾನಿನ ಮಿತ ಸ್ಥಿರಮಟ್ಟಗಳ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವದು ಚಿತ್ರವನ್ನವಲೋಕಿಸಿದಾಗ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ $^3S_1$ ಮತ್ತು

$2S$ ಮಟ್ಟಗಳು ಹಾಗೂ $^1S_0$ ಮತ್ತು $3S$ ಮಟ್ಟಗಳೆರಡೂ ಸುಮಾರಾಗಿ ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

ಎರಡೂ ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ, ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲದ ಆಂಶಿಕ ಒತ್ತಡವು (Partial pressure) ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸುತ್ತಾರೆ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹಾಗೂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಘಟ್ಟನೆ ನಡೆದಾಗ ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳು ಉದ್ರೇಕಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸುವುದರಿಂದ, ಅವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗೇರಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅವು (ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳು) ಈ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಸಹಜವಾಗಿ ಉಳಿಯುವ ಕಾಲ ತೀರ ಕಡಿಮೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೇರಿದ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳೆಲ್ಲ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ ತಕ್ಷಣ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಮಟ್ಟಗಳಾದ $^3S_1$ ಮತ್ತು $^1S_0$ ಗಳಿಗೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಂತೆ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚುಕಾಲ ಉಳಿಯಬಲ್ಲವಷ್ಟೆ. ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳು ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿ, ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅವುಗಳಿಗೆ ಕೊಟ್ಟು ಭೂ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇರುತ್ತವೆ. $^3S_1$ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವು ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದಾಗ, ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು $2S$ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇರುವುದರೊಡನೆಯೇ, ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳು ಭೂ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಳಿಯುತ್ತವೆ. $^3S_1$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟವು $2S$ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವೆರಡೂ ಮಟ್ಟಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ. ಈ ಎರಡೂ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಕಣಗಳಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಗತಿಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ $^3S_1$ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು, ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದಾಗ ಅದು $2p$ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇರುವ ಸಂಭವ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. $^3S_1$ ಮತ್ತು $2p$ ಮಟ್ಟಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಇದರಿಂದ ನಿಯಾನಿನ $2S$ ಮತ್ತು $2p$ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಾಗಿ $^1S_0$ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳು ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು $3S$ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇರಿಸುತ್ತವೆ. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ $3S$ ಹಾಗೂ $3p$ ಶಕ್ತಿ

ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆಯಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ $3S$ ಹಾಗೂ $2p$ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆಯೂ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಯಾಕೆಂದರೆ $3S$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟವು $3p$ ಹಾಗೂ $2p$ ಈ ಎರಡೂ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗಿಂತ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಅಲಿ ಜವಾನ್ ಮತ್ತು ಅವನ ಸಹಾಯಕರು 1.5 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸದ 100 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಉದ್ದವಾದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನ ಕೊಳವೆಯನ್ನು ತೆಗೆದು ಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಚಿತ್ರ (5–2) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದರು.



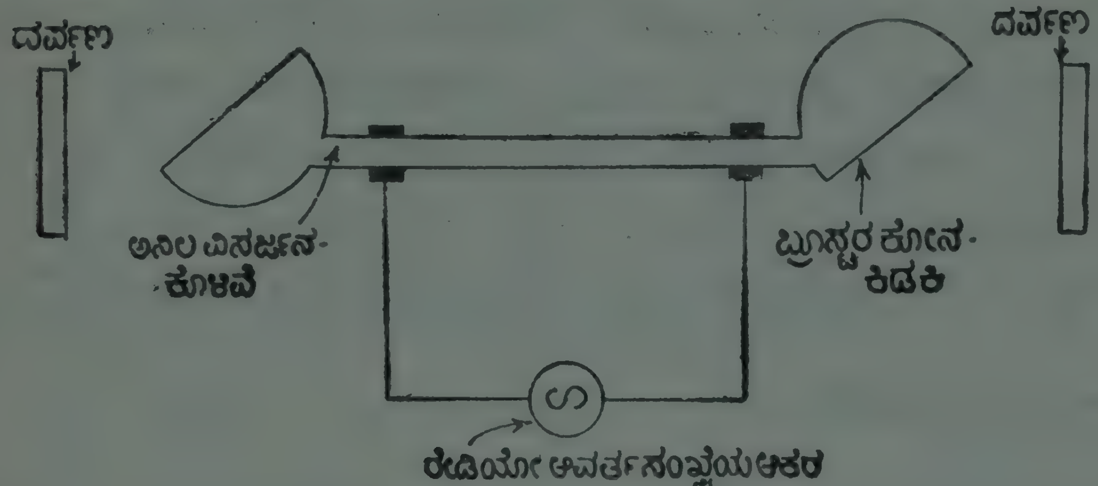
ಚಿತ್ರ (5–2)

ಅದರಲ್ಲಿ 0.1 ಟೋರ್ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲವನ್ನೂ 1.0 ಟೋರ್ ಒತ್ತಡದ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿದರು. ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ವರ್ಧಿಸುವದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಕೊಳವೆಯ ಎರಡೂ ಬದಿಗೆ ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 28 ಮೆಗಾ ಸೈಕಲ್ ಹಾಗೂ 50 ವಾಟ್ ರೇಡಿಯೊ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವೋಲ್ಟೇಜಿನಿಂದ ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಆಗ ನಿಯಾನಿನ $2S$ ಮತ್ತು $2p$ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಕ್ರಮಗಳು ನಡೆದು 1.1180, 1.1526, 1.1617, 1.1988 ಹಾಗೂ 1.2069 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗ ದೂರಗಳಿರುವ ವಿಕಿರಣವು ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತಿರುವದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ 1.1526 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗ ದೂರದ ವಿಕಿರಣವು ಪ್ರಬಲ ವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ 15 ಮಿಲಿವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿದ್ದಿತು. ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದಾಗ, ಲೇಸರ ವಿಕಿರಣದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಕೊಳವೆಯ ವ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮಾನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವುದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ.

ಹೀಲಿಯಂ-ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ಸು ದೊರೆತ ಬಳಿಕ, ಬೆನೆಟ್‌ರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ

ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡವು, ಮಿಶ್ರಣದ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದೊಂದೇ ಅನಿಲವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದರು. ಅವರು ನಿಯಾನ್, ಅರ್ಗಾನ್ ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ ಮತ್ತು ಕ್ಸೀನಾನ್ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮಗಳನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಿ 5.94×10^{-5} ನಿಂದ 3.45×10^{-3} ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತರಂಗದೂರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ತರಂಗದೂರಗಳಿರುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ದೊರಕಿಸಿದರು.

ಅಲಿ ಜವಾನ್ ಹಾಗೂ ಬೆನೆಟ್ ರಚಿಸಿದ ಹೀಲಿಯಂ-ನಿಯಾನ್ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣದ ಸುಧಾರಿತ ಮಾದರಿಯನ್ನು ರಿಗ್ರೊಡ್ (Rigrod) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತಯಾರಿಸಿದನು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (5-3) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಕ



ಚಿತ್ರ (5–3)

ದರ್ಪಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜನ ಕೊಳವೆಯ ಹೊರಬದಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಕೊಳವೆಯ ಎರಡೂ ಮುಖಗಳಿಗೆ ಬ್ರೂಸ್ಟರ್‌ಕೋನ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು (Brewster Angle Window) ಜೋಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಗಾಜಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಳ್ಳು ವಾಗ ಅದರ ಕಾಂತಿಯಲ್ಲಿ ಚ್ಯುತಿಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಬ್ರೂಸ್ಟರ್ ಕಿಟಕಿಗಳು ಈ ಕಾರಣ ದಿಂದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಕಾಂತಿಯಲ್ಲಿ ಚ್ಯುತಿಯುಂಟಾಗುವುದನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಅಲಿ ಜವಾನ್ ರಚಿಸಿದ ಅನಿಲ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ತೀರ ಕಡಿಮೆ. ಅಂದರೆ 10 ರಿಂದ 50 ಮಿಲಿವಾಟ್‌ಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. 1963 ರಲ್ಲಿ ವೈಟ್ ಮತ್ತು ರಿಜೆನ್ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲ ಅನಿಲ ಲೇಸರನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದರು. ಅದು 6328°A ತರಂಗ ದೂರದ ಮತ್ತು 46 ಮಿಲಿವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತಿದ್ದಿತು. (ಈ ಸಂಕ್ರಮವನ್ನು ಚಿತ್ರ 5-1 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ). ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನ ಕೊಳವೆಯ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ. 2 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸದ ಮತ್ತು 150 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಉದ್ದವಾದ

ಕೊಳವೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ 5 ಟೋರ್ ಒತ್ತಡದ ನಿಯಾನ್ ಮತ್ತು 240 ಟೋರ್ ಒತ್ತಡದ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ತುಂಬಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಿದಾಗ ದೊರೆಯುವ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ 224 ಮಿಲಿವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟು. ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿಯೂ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ವರ್ಧಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ರಚಿಸಲಾದ ಅನಿಲ ಲೇಸರುಗಳು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ರೋಹಿತ ಪರಿಶುದ್ಧತೆಯ ಹಾಗೂ ಸಂಸಕ್ತತೆಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತಿರುವದು ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಆದರೆ ಅವುಗಳಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಪರಮಾಣು ಅನಿಲದ ಬದಲಾಗಿ ಅಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಅನಿಲವನ್ನು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದೆಂದು ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲವು ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿರುವ ಲೇಸರ್ ಇದಕ್ಕೊಂದು ಉತ್ತಮ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿದೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ ಅಣುಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ತಿಳಿಯಲೆತ್ನಿಸುವಾ.

5·3 ಲೇಸರಿನ ದಕ್ಷತೆ

ಬಾಹ್ಯ ಆಕರದಿಂದ ಒದಗಿಸಲಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು ಪರಮಾಣು ಭೂ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇರುತ್ತದಷ್ಟೆ. ನಂತರ ಅದು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುತ್ಸರ್ಜಿಸಿ ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವಾಗ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಕ್ರಮ ನಡೆಯುತ್ತದೆಯೋ ಆ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟಗಳೆಂದೆನ್ನುವರು. ಈ ಎರಡರಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್‌ಮಟ್ಟ (Upper Laser Level) ಎಂದೂ ಹಾಗೂ ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟವನ್ನು ಕೆಳಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟ (Lower Laser Lavel) ವೆಂದೂ ಕರೆಯುವ ರೂಢಿಯುಂಟು. ಪರಮಾಣು ಕೆಳಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಪುನಃ (ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿದಾಗ ಅದು ಭೂ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬರಲೇಬೇಕೆಂಬ ನಿಯಮವಿಲ್ಲ) ಭೂ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸುವಾಗ ಅದು ಮತ್ತೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾಗುವದಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಅದು ವ್ಯರ್ಥವಾದಂತೆಯೇ ಸರಿ. ಹೀಗೆ ವ್ಯರ್ಥವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಿರರ್ಥಕ ಶಕ್ತಿಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ (5–4) ರಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಹೀಗೆ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಒದಗಿಸಲಾದ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಭಾಗ ಮಾತ್ರ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗಿ ಉಳಿದ ಭಾಗವು ನಷ್ಟವಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಸೂತ್ರದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿ,

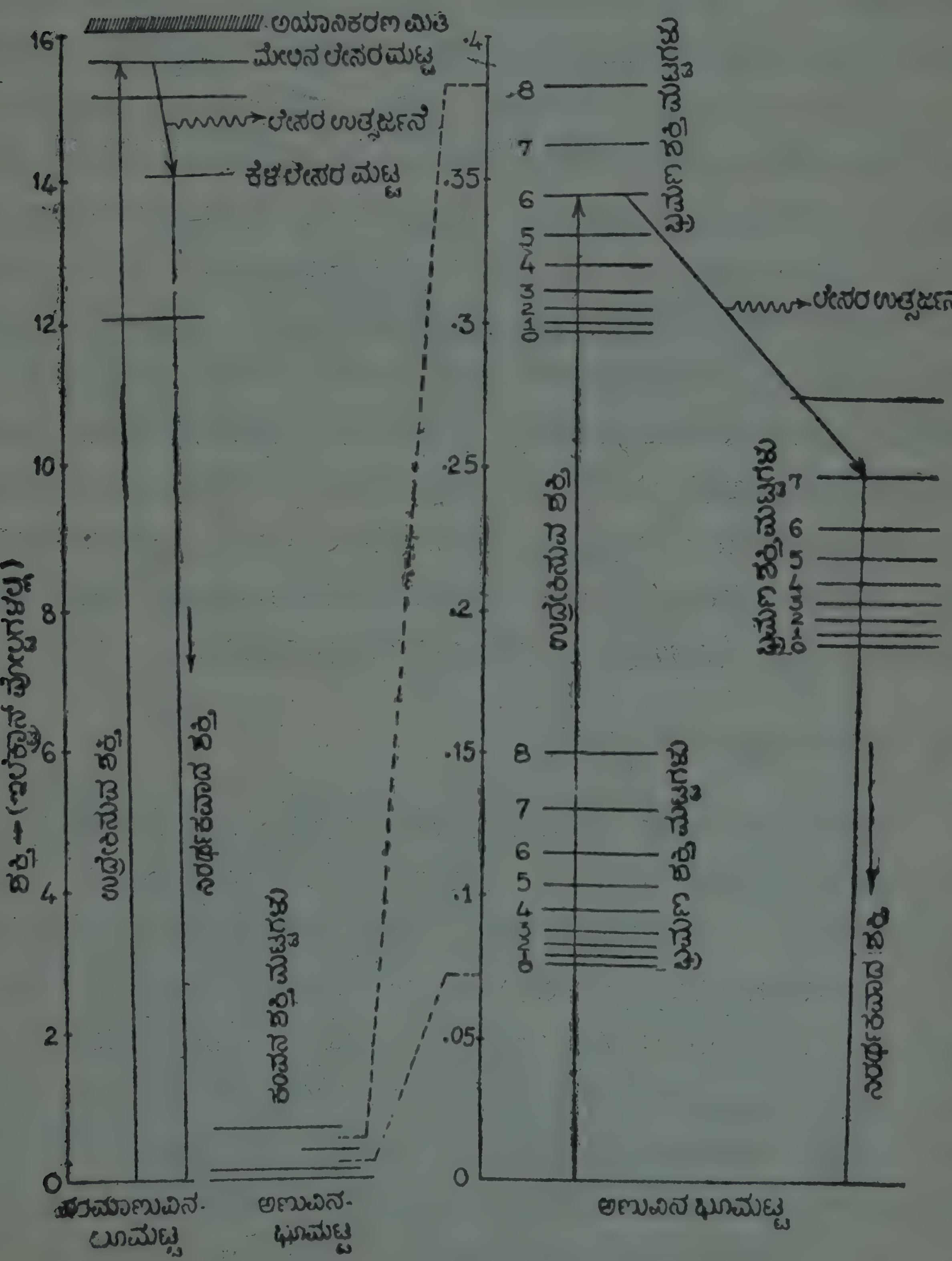
$$\triangle E = E_1 - E_2 \qquad (5\text{–}2)$$

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ

E_1 — ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಒದಗಿಸಲಾದ ಶಕ್ತಿ

E_2 — ನಿರರ್ಥಕವಾದ ಶಕ್ತಿ

ಇರುತ್ತವೆ. ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು



(ಚಿತ್ರ 5–4)

ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆ (Quantum Efficiency) ಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$\text{ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆ} = \frac{\Delta E}{E_1} \tag{5–3}$$

ಆದರೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ದೊರೆಯುವ ಲೇಸರಿನ ದಕ್ಷತೆಯು, ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆಗಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆ (Working efficiency) ಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆಯು ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದಕ್ಕೆ, ಪರಮಾಣು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯು ನಿರರ್ಥಕವಾಗುವುದೊಂದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇದಕ್ಕೆ ಇನ್ನೊಂದು ಕಾರಣವೂ ಉಂಟು. ಅನಿಲವಿಸರ್ಜನಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಅನಿಲದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲಾಗುತ್ತದಷ್ಟೆ. ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಎಲ್ಲ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಗತಿಶಕ್ತಿಯು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅವು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದ ಪರಮಾಣುಗಳೆಲ್ಲ ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟವೊಂದಕ್ಕೇನೇ ಏರದೆ ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ವ್ಯಯಿಸಿದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಮಾಣವಿರುವದಿಲ್ಲ. ಆದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಲೇಸರಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆಗಿಂತ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಲೇಸರಿನ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆಯು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಮತ್ತು ಒಟ್ಟು ಪ್ರಚೋದಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ.

5.4 ಅಣು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು

ಅಣುಗಳ ರೋಹಿತವು ಪರಮಾಣು ರೋಹಿತಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಜಟಿಲವಾರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಣುವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಎರಡು ಅಥವಾ ಎರಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಒಂದು ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಭ್ರಮಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಪರಮಾಣುಗಳು ಆ ಅಣುವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಉಳಿದುಕೊಂಡೇ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಣುವಿಗೆ ಭ್ರಮಣ ಹಾಗೂ ಕಂಪನ ಚಲನೆಗಳಿರುತ್ತವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳಿದ್ದ ಅಣುವಿಗೆ ಸಮನಾದ ಅಂತರದಲ್ಲಿದ್ದ ಅನೇಕ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅನೇಕ ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಅಣುವಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು

ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗೂ ಸಾಮ್ಯವುಂಟು. ಆದರೆ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ, ಕಂಪನ ಹಾಗೂ ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವಿನ ಅವಕಾಶವು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 20 ಹಾಗೂ 500 ರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಅಣು ಅನಿಲವನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಪ್ರಥಮ ಲೇಸರ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಂಕ್ರಮದಿಂದಲೇ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಅಣುವಿನ ಒಂದೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಕ್ರಮ ನಡೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಸಂಕ್ರಮವು ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಕ್ರಮವುಂಟಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಭ್ರಮಣಕೋನಾವೇಗದಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯು $\pm\frac{h}{2\pi}$ ಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಭ್ರಮಣಕೋನಾವೇಗದಲ್ಲಾದ ಬದಲಾವಣೆ $-\frac{h}{2\pi}$ ಇದ್ದರೆ, ಆ ಸಂಕ್ರಮಗಳಿಂದ ದೀರ್ಘ ತರಂಗ ದೂರದ ವಿಕಿರಣ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸಂಕ್ರಮಗಳನ್ನು *P*–ಕವಲಿನ (*P*–Branch) ಸಂಕ್ರಮಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಸಂಕ್ರಮ ನಡೆದಾಗ ಕೋನಾವೇಗದಲ್ಲಾದ ಬದಲಾವಣೆಯು $+\frac{h}{2\pi}$ ಇದ್ದರೆ, ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗ ದೂರದ ವಿಕಿರಣವು ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಸಂಕ್ರಮಗಳನ್ನು *R*–ಕವಲಿನ (*R*–Branch) ಸಂಕ್ರಮಗಳೆಂದೆನ್ನುವರು. ಈ ಎರಡೂ ಬಗೆಯ ಸಂಕ್ರಮಗಳಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ವಿಕಿರಣವು ರೋಹಿತದ ರಕ್ತಾತೀತ ಭಾಗದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಅಣು ಅನಿಲ ಲೇಸರಗಳ ರಚನೆಯು ಈ ಸಂಕ್ರಮಗಳನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು ಅನಿಲ ಮಾಧ್ಯಮದ ಲೇಸರಿನ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆ ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆಗಳೆರಡೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಪರಮಾಣು ಅನಿಲವನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಇನ್ನೊಂದು ನ್ಯೂನತೆಯುಂಟು. ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಅಯಾನೀಕರಣ ಮಿತಿಯ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತೀರ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿಯ ಒಂದು ಮಟ್ಟವು ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಿದಾಗ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇರದೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಮತ್ತು ಕೆಳಗೆ ಇರುವ (ಅವೆಲ್ಲ ಒತ್ತೊತ್ತಾಗಿರುವದರಿಂದ) ಅನೇಕ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಹರಿದು ಹಂಚಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಕೇವಲ ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವದ

ರಿಂದ, ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಉಳಿದ ಪರಮಾಣು ಗಳಿಗಿತ್ತ ಶಕ್ತಿಯು ವ್ಯರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆಯೂ ಕಡಿಮೆ ಯಿರುತ್ತದೆ. 10,000°A ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಅನಿಲ ಲೇಸರಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಕೇವಲ ಕೆಲ ಮಿಲಿವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟು, ಹಾಗೂ ಅದರ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆ ಪ್ರತಿಶತ 0.001 ರಷ್ಟು. ಅಣು ಅನಿಲವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಈ ನ್ಯೂನತೆಯನ್ನು ತೊಡೆದು ಹಾಕಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಭೂ ಮಟ್ಟದ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು, ಭೂ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ತೀರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಅಣುವನ್ನು ಭೂ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇರಿಸಲು ವ್ಯಯಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಯಿರುವದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದರ ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆ ಪರಮಾಣು ಅನಿಲ ಲೇಸರಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಭೂ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ತೀರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವದರಿಂದ (ಚಿತ್ರ 5–4 ನೋಡಿರಿ) ಅನಿಲ ವಿಸರ್ಜನೆ ಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಎಲ್ಲ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅಣುಗಳನ್ನು ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟ ಕ್ಕೇರಿಸಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಕಾರಣ ಈ ಲೇಸರಿನ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆಯೂ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

5.5 ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರ್

ಅಮೇರಿಕದ ಬೆಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಭಾರತೀಯ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸಿ. ಕೆ. ಎನ್. ಪಟೇಲ್‌ರು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿದರು. ಅಲ್ಲದೆ ಲೇಸರ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅವರು ಇನ್ನೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದ್ದಾರೆ. ಅವರ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗಾಗಿ ಅಮೇರಿಕದ ಆಪ್ಟಿಕಲ್ ಸೊಸೈಟಿಯು ಅವರಿಗೆ ಅಡಾಲ್ಫ್ ಲೊಂಬ ಪದಕ * ವನ್ನು ನೀಡಿ ಗೌರವಿಸಿದೆ. ಪಟೇಲರು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡುವಾಗ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲವನ್ನೇ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದ್ದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಔಚಿತ್ಯವಿದೆ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಮೂರು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಇದು ಸರಳವಾದ ಮತ್ತು ಸರಳರೇಖೀಯ ಅಣು. ಚಿತ್ರ (5–5) ನೋಡಿರಿ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಅಣುವಿನ ಕಂಪನ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣ ಸಂಕ್ರಮಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ರೋಹಿತ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು

* ಬೆಳಕಿನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಉಚ್ಚ ಮಟ್ಟದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಈ ಪದಕವನ್ನು ನೀಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೂವತ್ತು ವರ್ಷಕ್ಕಿಂತ ಚಿಕ್ಕವನಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಅವನು ಪದಕವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಅರ್ಹನಾಗುತ್ತಾನೆ.

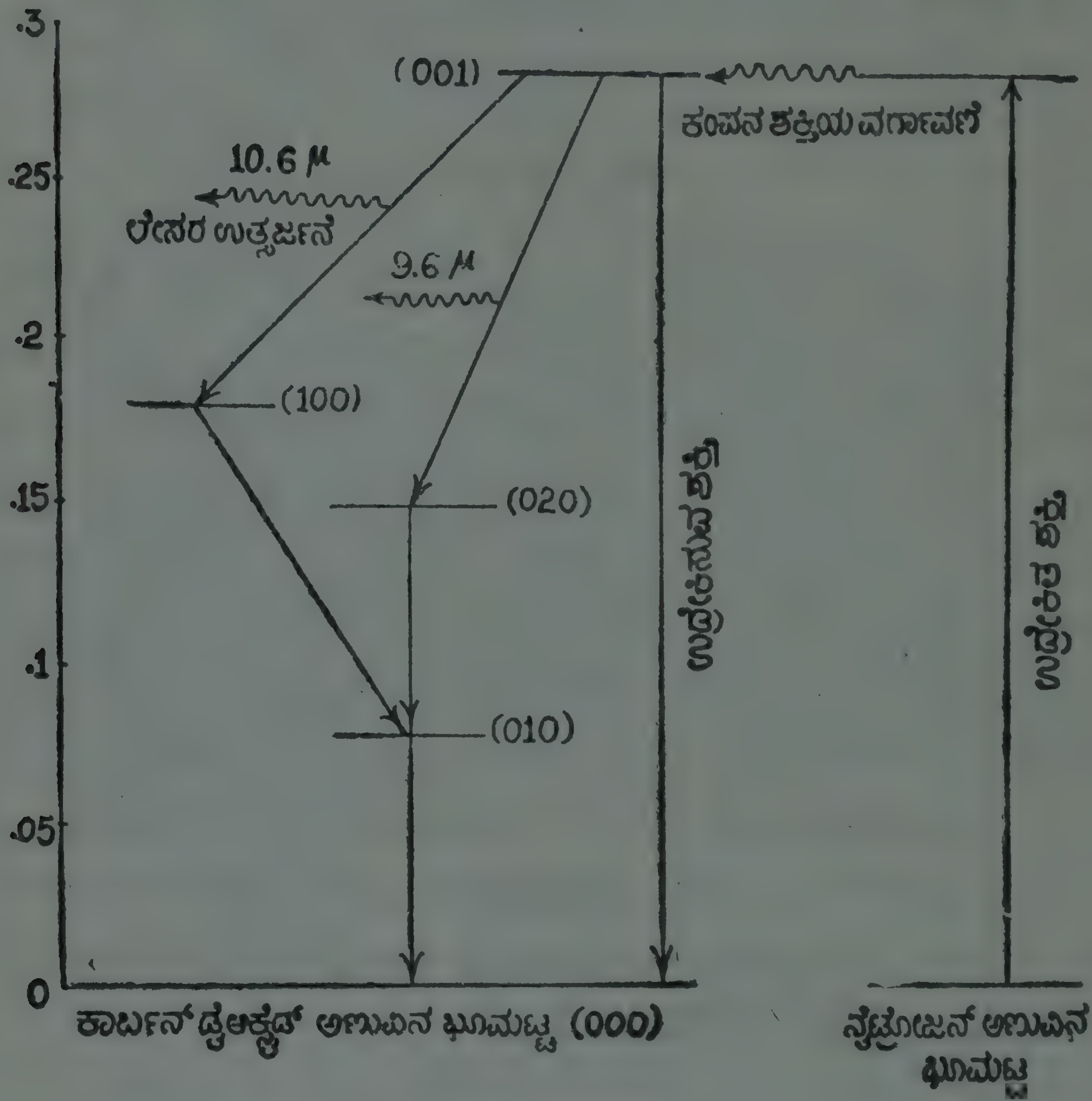


ಚಿತ್ರ (5–5)

ಸಾಕಷ್ಟು ವಿವರಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವು ಮೂರು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ರೀತಿಯಿಂದ ಕಂಪಿಸಬಲ್ಲದು. ಒಂದನೆಯದಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ ಸಂಮಿತೀಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಕಂಪನದ ಈ ರೀತಿಯನ್ನು ಸಂಮಿತಿ ವಿಸ್ತರಣ ಕ್ರಮ (Symmetric stretch mode) ವೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ν_1 ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸ ಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಮವನ್ನು ಮಣಿಸುವ ಕ್ರಮ (Bending mode) ವೆಂದೆನ್ನುತ್ತಾರೆ ಮತ್ತು ಆದನ್ನು ν_2 ಎಂಬ ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸ ಲಾಗುತ್ತದೆ. ಮೂರನೆಯದಾಗಿ ಅದು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ ಅಸಂಮಿತೀಯ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಮವನ್ನು ಅಸಂಮಿತಿ ವಿಸ್ತರಣ ಕ್ರಮ (Asymmetric stretch mode) ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ν_3 ದಿಂದ ಸೂಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕ್ವಾಂಟಂ ಯಂತ್ರ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೇರೆಗೆ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಗಳೆಲ್ಲ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದು ಅವೆಲ್ಲ ಕ್ವಾಂಟೀಕೃತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರಥಮ ಸನ್ನಿಹಿತ (First Approximation) ದ ಮೇರೆಗೆ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಲಾದ ಮೂರೂ ಕಂಪನ ಕ್ರಮಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಮೂರೂ ಕಂಪನ ಕ್ರಮಗಳ ರೇಖೀಯ ಜೋಡಣೆಯಿರುವ ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿ ಸುವದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಅಣುವಿನ ಕಂಪನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಮೂರು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇಕು. ಉದ್ರೇಕಿತ ಅಣುವಿನ, ν_1, ν_2 ಹಾಗೂ ν_3 ಕಂಪನ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ v_1, v_2, ಹಾಗೂ v_3 ಆಗಿರಲಿ. ಈ ಅಣುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು (v_1 v_2 v_3) ಎಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. v_1, v_2 ಹಾಗೂ v_3 ಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಸಂಮಿತಿ ವಿಸ್ತರಣ ಕ್ರಮ, ಮಣಿಸುವ ಕ್ರಮ ಮತ್ತು ಅಸಂಮಿತಿ ವಿಸ್ತರಣ ಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿಯ ಅಣುವಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಾಗಿ ರುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ (5–6) ರಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವಿನ ಕೆಲ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ

ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಗೊಂದಲವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲೋಸುಗ ಆದರಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿಲ್ಲ. ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್



ಚಿತ್ರ (5–6)

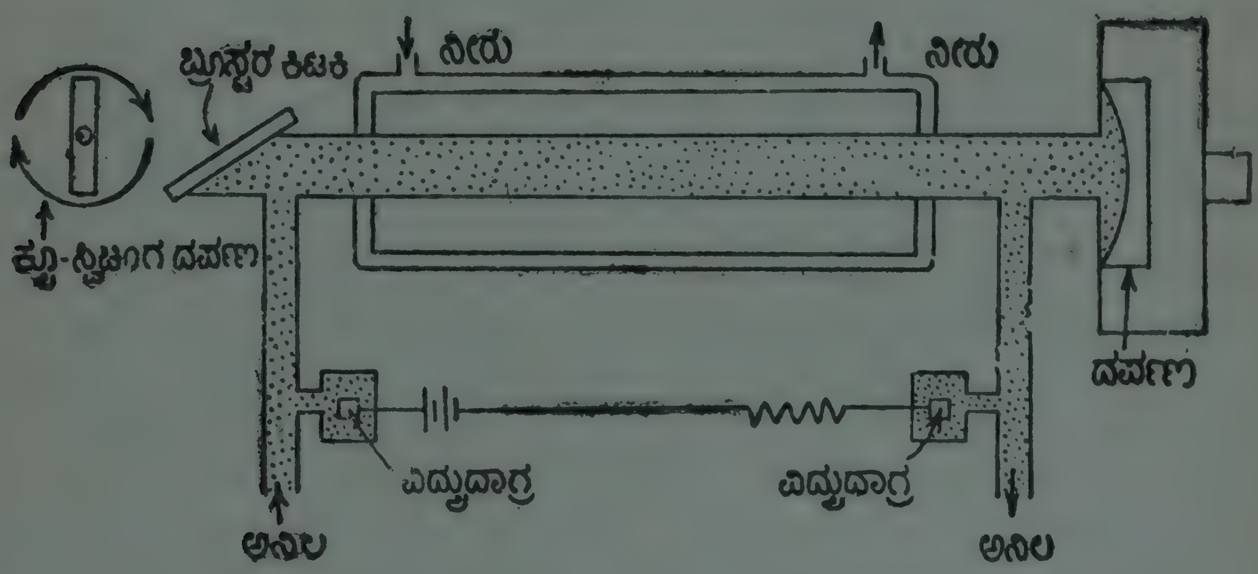
ಅಣುವಿನ ಆಯುವರ್ಮಾನ, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯಿಂದ ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಬಹುದಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆ, ಈ ಮುಂತಾದ ಕಾರಣಗಳಿಂದ, (001) ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವು ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟವಾಗಲು ಸೂಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಅದೇ ರೀತಿ (100), (020) ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಸೂಕ್ತ ಕೆಳ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವು ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳ ಲೇಸರ್ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಾದ (100) ಮತ್ತು (020) ಗಳಿಗೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸಿದಾಗ, ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 10.6 ಮತ್ತು 9.6 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗ ದೂರದ ಲೇಸರ್ ವಿಕಿರಣವು ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕ್ವಾಂಟಂ ದಕ್ಷತೆಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಪ್ರತಿಶತ 40 ಮತ್ತು 45 ಇರುತ್ತವೆ. ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ದಕ್ಷತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಇಷ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೂ, ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ದೊರೆತ ಅಂದರೆ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆಯು ಪ್ರತಿಶತ 20 ರಿಂದ 30 ರ ವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ.

ಸಿ. ಕೆ. ಎನ್. ಪಟೇಲ್‌ರು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನ ಕೊಳವೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರಲ್ಲಿ 1 ಟೋರ್ ಒತ್ತಡದ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲವನ್ನು ತುಂಬಿದರು. ನಂತರ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡೂ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದಿಂದ ದೊರೆತ ನೇರ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯಿಸಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದರು. ಈ ಬಗೆಯ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಅಪಾರ ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು, ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವಿಗೆ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದಾಗ ಅಣುವು ವಿಘಟನೆ ಹೊಂದಿ, ಕಾರ್ಬನ್ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವನ್ನು ವಿಘಟಿಸಬಹುದಾದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ವಿಸರ್ಜನೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳಷ್ಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದು, ಅದು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯಿಂದ ಬಹುತೇಕ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುಗಳು $00\nu_3$ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೇರುತ್ತವೆ. 10.6 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗದೂರದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವಾಗ ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ν_3 ಯು ಮೌಲ್ಯವು 1 ಇರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ $00\nu_3$ ಯು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ (ν_3 ಯು ಮೌಲ್ಯವು 1 ಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೆ) ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುಗಳು ಉದ್ರೇಕಗೊಂಡಾಗ ಏನಾಗುತ್ತದೆಂಬ ಕುತೂಹಲ ಉಂಟಾಗುವುದು ಸಹಜ. ಅಲ್ಲದೆ ಇಂತಹ ಅಣುಗಳು ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗ ವಹಿಸದೆ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬಹುದೆಂಬ ಸಂದೇಹವೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಹಾಗಾಗುವ ಸಂಭವವೇ ಇಲ್ಲ. ಯಾಕೆಂದರೆ $00\nu_3$ ಯು ಎಲ್ಲ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವಿನ ಅವಕಾಶವು ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಅಣುವು $[CO_2(00\nu_3)]$ ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದ ಇನ್ನೊಂದು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವಿನೊಡನೆ $[CO_2(000)]$ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದಾಗ, ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಅಣುವು ತನ್ನಲ್ಲಿದ್ದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದ ಅಣುವಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ $CO_2(00\nu_3)$ ಅಣುವು ಒಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ (ν_3) ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು $CO_2(00\nu_3-1)$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅದೇ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡ $CO_2(000)$ ಅಣುವು $CO_2(001)$ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದ ಅಣುವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಅಣುವು ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವದರಿಂದ ಅದು ನಿರಾತಂಕವಾಗಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವು ಯಾವುದೇ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಉದ್ರೇಕಿತವಾದ್ದರೂ, ಅದು ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಷ್ಟ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳದೆ ಶಕ್ತಿಯ ಪುನರ್ವಿತರಣೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಬಲ್ಲದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಬಗೆಯ ಲೇಸರಿನ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವದಿಲ್ಲ.

ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅನಿಲವನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಮತ್ತು ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸುವದು ತೀರ ಸುಲಭ. ಯಾಕೆಂದರೆ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಣುಗಳನ್ನು $v=0$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಿಂದ (ಭೂ ಮಟ್ಟದಿಂದ) $v=1$ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿ ಉದ್ರೇಕಿಸುವದು ತೀರ ಸುಲಭ. (ಚಿತ್ರ 5–6 ನೋಡಿರಿ). ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಣುವಿನ $v=1$ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟ ಮತ್ತು CO_2 ಅಣುವಿನ (001) ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಉದ್ರೇಕಿತ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಣುವಿನ ($v=1$) ಶಕ್ತಿಯು ಉದ್ರೇಕಿತ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವಿನ [CO_2(001)] ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಉದ್ರೇಕಿತ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಣುವು ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುವನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದಾಗ, ಅದು ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಣುವಿನಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು (001) ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೇರುತ್ತದೆ. (ಈ ಮಟ್ಟವು ಮೇಲಿನ ಲೇಸರ್ ಮಟ್ಟವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು) ಹಾಗೂ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಣುವು ಭೂ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ವರ್ಗಾವಣೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ನಡೆಯುವದರಿಂದ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯಿಂದ ಉದ್ರೇಕಿಸದೆ, ಮೊದಲು ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಣುಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಣುಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣವೂ ಕೂಡ ಹೀಲಿಯಂ-ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲ ಲೇಸರಿನಂತೆಯೇ ಇದ್ದು, ಒಂದು ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಹೀಲಿಯಂ-ನಿಯಾನ್ ಲೇಸರ್‌ನಲ್ಲಿ, ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವ ಅನಿಲದಲ್ಲಿಯೇ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯೂ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ, ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ಮಾತ್ರ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲವಿರುವ ಕೊಳವೆಗೆ ಜೋಡಿಸಲಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅನಿಲವನ್ನು ತುಂಬಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಈ ಉದ್ರೇಕಿತ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಣುಗಳನ್ನು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಕೊಳವೆಯ ಉದ್ದವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಂತೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಸುಮಾರು ಎರಡು ಮೀಟರ್ ಉದ್ದವಾದ ಕೊಳವೆಯಿರುವ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರ್ 150 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಅಮೇರಿಕದ ರೇಥಾನ್ ಕಂಪನಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 600 ಅಡಿ ಉದ್ದವಾದ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರನ್ನು ರಚಿಸಿ ಅದರಿಂದ 8.8 ಕಿಲೋವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ.

5.6 ಕ್ಯೂ - ಸ್ವಿಚಿಂಗ್ (Q-Switching)

ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳೇ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ಆಯುರ್ಮಾನ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವುದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಅಂದರೆ ಅಣುವು ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ (ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಗಿಂತ ಅಧಿಕಕಾಲದವರೆಗೆ) ಒಂದು ಮಿಲಿಸೆಕೆಂಡುಗಳವರೆಗೆ ಉಳಿಯಬಲ್ಲುದು. ಇದರಿಂದ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಿಲಿಸೆಕಂಡಿನಷ್ಟು ಕಾಲ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹಿಡಿದಿಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವು ಚಲಿಸುವಾಗ, ಅದರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ತಡೆಯನ್ನೊಡ್ಡಿ, ಲೇಸರ್ ಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾದ್ಯಮದಲ್ಲಿಯೇ ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತಡೆಯನ್ನು ಹಟಾತ್ತನೆ ತೆಗೆದು ಹಾಕಿದಾಗ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿತವಾದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಒಮ್ಮೆಂದೊಮ್ಮೆಲೆ ಒಂದು ತೆನೆಯ (Pulse) ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕ್ಯೂ-ಸ್ವಿಚಿಂಗ್ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮತ್ತು ಈ ತೆನೆಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಲೇಸರ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಸಹಸ್ರಾರುಪಟ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲ (ಅಂದರೆ ಕೂ-ಸ್ವಿಚಿಂಗ್ ನಡೆಯುವ) ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ (5-7)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಕ್ಯೂ-ಸ್ವಿಚಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟು



(ಚಿತ್ರ 5–7)

ಮಾಡುವದು ಅಂತಹ ಕಠಿಣವಾದ ಕಾರ್ಯವೇನಲ್ಲ. ಲೇಸರ್ ಕೊಳವೆಯ ಎರಡೂ ಬದಿಗಿರುವ ದರ್ಪಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ದರ್ಪಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಿ, ಅದರ ಬದಲಾಗಿ ಚಿತ್ರ (5–7) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತಹ ಭ್ರಮಿಸುವ ದರ್ಪಣವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಕೊಳವೆಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದ ದರ್ಪಣವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿಟ್ಟು, ಇನ್ನೊಂದು ದರ್ಪಣವನ್ನು

ತಿರುಗಿಸುತ್ತ ಹೋಗುವುದರಿಂದ 10.6 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗದೂರದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತೆನೆಯೊಂದು ಸಿಡಿದು ಬರುತ್ತದೆ. 50 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕನ್ನು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರನ್ನು ಕ್ಯೂ-ಸ್ವಿಚಿಂಗ್ ಕ್ರಮಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿದರೆ, ಅದು ಸುಮಾರು 50 ಕಿಲೋವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕಿನ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತೆನೆಯೂ 150 ನ್ಯಾನೋ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಷ್ಟು ಉದ್ದವಿರುತ್ತದೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರು ಪ್ರತಿಸೆಕಂಡಿಗೆ ಇಂತಹ 400 ತೆನೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ.

ದ್ರವ ಲೇಸರ್

ಲೇಸರಿನ ಉಪಯೋಗ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅದರ ವಿಷಯುವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತಿದ್ದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿಯುೂ ವಿಶೇಷ ಪ್ರಗತಿಯುುಂಟಾಗಿದೆ. ಘನವಸ್ತು ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಗಳನ್ನು ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿ ಯಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಲಕ್ಷ್ಯವು ದ್ರವಗಳೆಡೆಗೆ ಹೊರಳಿದ್ದರೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನಿಲ್ಲ.

6.1 ದ್ರವ ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮ

ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮದ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಲಕ್ಷಣವೆಂದರೆ ಅದರ ಪ್ರಕಾಶ ಪರಿ ಪೂರ್ಣತೆಯು ಮಟ್ಟ (Degree of optical perfection). ಈ ಮಟ್ಟವು ಆಯಾ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಗೊಂದು ಪರಿಮಿತಿಯನ್ನು ವಿಧಿಸುತ್ತದೆ. ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲಗಳ ಪೈಕಿ ಬಹಳಷ್ಟು ಅನಿಲಗಳ ಪ್ರಕಾಶ ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಯ ಮಟ್ಟವು ಉತ್ತಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಗಿ ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆ ಸಮರೂಪವಾಗಿರುವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಅಲ್ಲದೆ ಒತ್ತಡವು ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದಾಗ, ಅನಿಲದ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕವು ಉಷ್ಣತೆಗನುಗುಣವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುವದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಬದಲಾದರೂ ಅದರ ಪರಿಮಾಣ ಉಪೇಕ್ಷಿಸ ಬಹುದಾದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ. ಆದರೆ ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ದೊರಕಿಸುವದು ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಯಾಕಂದರೆ ಸ್ಫಟಿಕ, ಗಾಜು ಗಳಂತಹ ಘನವಸ್ತುಗಳು ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಅದ್ದರಿಂದ ಅವು ಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ದೋಷಗಳನ್ನು ತೊಡೆದುಹಾಕುವದು ಕಠಿಣವಾದ ಕಾರ್ಯವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ವೆಚ್ಚದಾಯಕವೂ ಅಗಿರುತ್ತದೆ. ದ್ರವಗಳು ಈ ಬಗೆಯ ನ್ಯೂನತೆಯಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿದ್ದರೂ, ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಅವುಗಳ ವಕ್ರೀಭವನ

ಸೂಚ್ಯಾಂಕವು ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ದ್ರವವು ಪರಿಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅದರ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನೇ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಉಷ್ಣತೆಯೊಂದಿಗೆ ಬದಲಾಗುವ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರಕಾಶಕೀಯ ಗುಣಧರ್ಮಗಳು ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಅಸಂಕೋಚನೀಯತ್ವವು (Incompressibility) ದ್ರವದ ಪ್ರಮುಖ ಲಕ್ಷಣವಾದ್ದರಿಂದ, ಪರಿಚಲನೆಯಿಂದ ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವೂ ಉಂಟಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಲೇಸರಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಅತ್ಯಧಿಕವಾದಾಗ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವು ಘನವಸ್ತುವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದು ಸೀಳುವ ಅಥವಾ ಒಡೆದು ಚೂರುಚೂರಾಗಿ ಬಿಡುವ ಸಂಭವವೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ದ್ರವಗಳನ್ನು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ ಏಳುವದಿಲ್ಲ. ಘನವಸ್ತು ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿರುವ ಲೇಸರಿನ ಮೌಲ್ಯವು ಅದರ ಗಾತ್ರದೊಡನೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗಲ್ಲ.

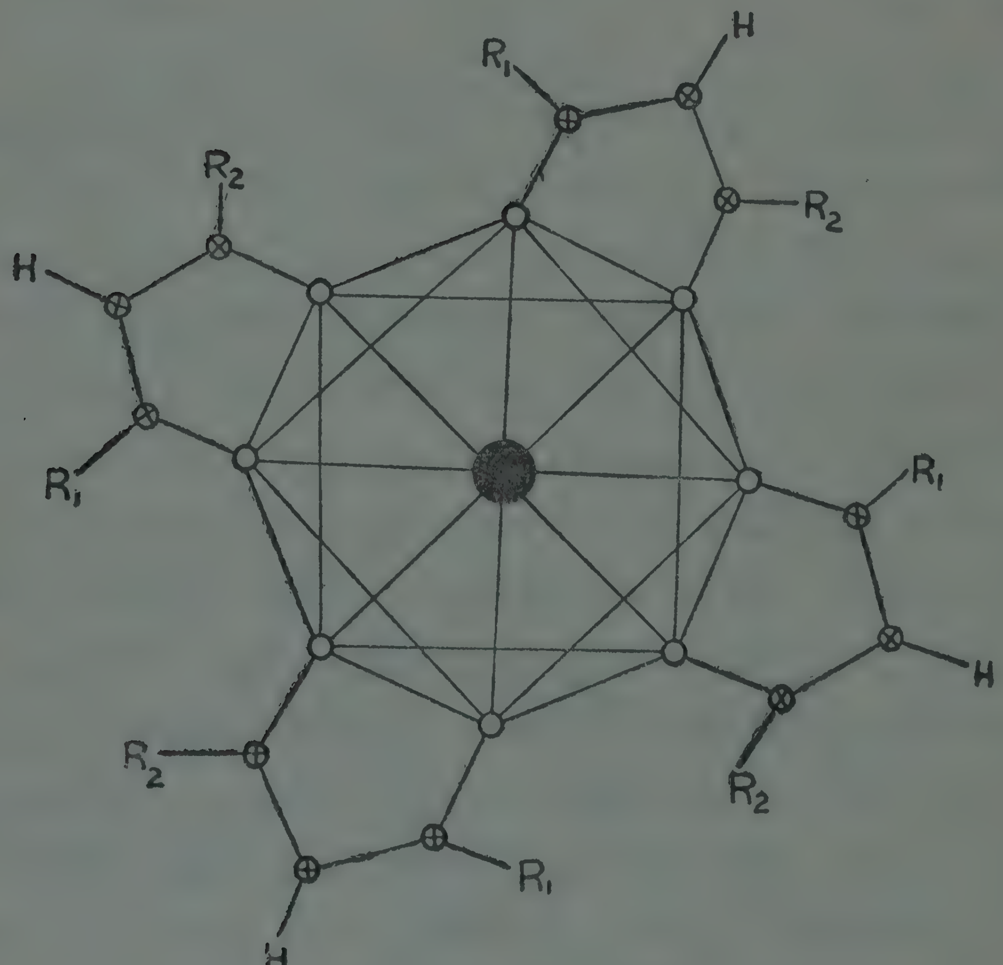
ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಅದನ್ನು (ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು) ಉದ್ರೇಕಿಸಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯವೆಂಬುದು ನಮಗೀಗಾಗಲೇ ಗೊತ್ತಿದೆ.ಘನವಸ್ತುವಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಸ್ಫುರಣ ದೀಪದಿಂದ ಬೆಳಗಿಸಿ ಇಲ್ಲವೆ ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಯಿಸಿ ಉದ್ರೇಕಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಉದ್ರೇಕಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ದ್ರವವನ್ನೂ ಕೂಡ ಸ್ಫುರಣ ದೀಪದಿಂದ ಬೆಳಗಿಸಿ ಉದ್ರೇಕಿಸುವಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಜನರಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಆ್ಯಂಡ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ ಲಿಂಪಿಕ್ಕಿ ಹಾಗೂ ಅವರ ಸಂಗಡಿಗರು ಅನೇಕ ದ್ರವಗಳನ್ನು ಕ್ಸಿನಾನ್ ಸ್ಫುರಣ ದೀಪದಿಂದ ಬೆಳಗಿಸಿ ಉದ್ರೇಕಿಸಿದರು. ದ್ರವಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಕಂಡುಬಂದ ಮೇಲೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಲು ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ದ್ರವವನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಜಿಜ್ಞಾಸೆ ಆರಂಭವಾಯಿತು. ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿ ಕಾಣುವ ವಸ್ತುಗಳು ಉತ್ತಮ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಬಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ, ಅಂತಹ ವಸ್ತುಗಳ ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆ ನಡೆಯಿತು. ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಗುಣವು ಸರ್ವಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವದು ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ದ್ರವ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ದ್ರವರೂಪೀ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು. ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲಾದ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ದೊರೆತ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಫಲಪ್ರದವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದರೂ, ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಯಿಸಿದಂತೆ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟು

ಮಾಡುವದು ತರ್ಕಸಿದಷ್ಟು ಸುಲಭವಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಯಿತು. ಪರಿಶುದ್ಧವಾದ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಲೇಸರನ್ನು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದ ಸೊರೊಕಿನ್ ಮತ್ತು ಲ್ಯಾಂಕಾರ್ಡ್ ಅವರು, ಅದರ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಪರಮಾವಧಿ ತೀವ್ರತೆಯು ವಿಕಿರಣದ ಹ್ರಸ್ವ ಸಂದನೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಬೆಳಕು ಮಾತ್ರ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವಷ್ಟು ತೀವ್ರತೆಯು ವಿಕಿರಣದ ಹ್ರಸ್ವ ಸಂದನೆಗಳನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲದು. ಇಲ್ಲವೆ ಸ್ಫುರಣ ದೀಪದ ಕೊಳವೆಗಳನ್ನು ಒಂದು ಬಗೆಯ ವಿಶೇಷವಾದ ವಿದ್ಯುನ್ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ, ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನುದ್ರೇಕಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವಷ್ಟು ತೀವ್ರತೆಯು ವಿಕಿರಣವನ್ನು ದೊರಕಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ವಸ್ತುಗಳು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಪ್ರಕಾಶಮಾನತೆಯು ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವದಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮಕ್ಕಾಗಿ ದ್ರವವನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡುವಾಗ, ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವದು ಸೂಕ್ತ. ಘನವಸ್ತು ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿರುವ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ (ಉತ್ಸರ್ಜನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ) ಪರಮಾಣುಗಳು ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲದಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲವೆ ಗಾಜಿನ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ದ್ರವವು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವಿದ್ದಾಗ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನವು ತದ್ವಿರುದ್ಧವಾದುದು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ದ್ರಾವ್ಯವೇ (ಘನವಸ್ತುವೇ) ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿದ್ದು, ದ್ರಾವಕವು ಅದನ್ನು ತನ್ನಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಘನವಸ್ತು ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಗುಂಪಿನ (ಲ್ಯಾಂಥೆನಮ್, ಸೀರಿಯಮ್, ಪ್ರೊಸೋಡೊಮಿಯಂ, ಹೋಮಿಯಂ ಮುಂ). ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಅಯಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಕೆಲ ಲೋಹಗಳ ಅಯಾನುಗಳು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಘಟಕಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವದಕ್ಕೆ ಅವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೇ ಕಾರಣ. ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅಯಾನಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮೇಘದಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕದಡಬಲ್ಲ ಯಾವುದೇ ಬಲದ ಪರಿಣಾಮವು (Perturbing Influence) ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮೇಲಾಗದೆ ಅವು ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿ ಉಳಿದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದು ಅಯಾನುಗಳ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವದ ಗುಣಧರ್ಮವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಗುಣಧರ್ಮದ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಅವು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ತೀಕ್ಷ್ಣರೇಖೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ಹಾಗೂ ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಡೆಯುವಂತಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಯಾನುಗಳು ದ್ರವದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅವು ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯುವಾ.

6·2 ಚಿಲೇಟ್ ಪಂಜರ (Chelate Cage)

ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಗುಂಪಿನ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಹೆಲೈಡನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ಮುಕ್ತ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿ ದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರಾವಣದ ಅಣುಗಳ ಆಂದೋಳನ (Agitation) ಅಧಿಕವಾಗಿ ರುವದರಿಂದ ಅಯಾನು ಕವಚದಲ್ಲಿದ್ದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿರಲಾರವು ಮತ್ತು ಆ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ ಹೀರಿಕೊಂಡ ಶಕ್ತಿಯು ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವದರ ಬದಲಾಗಿ ಶಾಖದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಲೇಸರ್



(ಚಿತ್ರ 6-1) ಚಿಲೇಟ್ ಪಂಜರ

● ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಅಯಾನು.

○ ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು.

⊗ ಕಾರ್ಬನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು.

ಬೆಂಝಾಯಿಲ್ ಎಸಿಟೋನೇಟ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ; $R_1 = C_6H_5$ ಮತ್ತು $R_2 = CH_3$

ಬೆಂಝಾಯಿಲ್ ಟ್ರೈಫ್ಲೋರೊ ಎಸಿಟೋನೇಟ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ; $R_1 = C_6H_5$ ಮತ್ತು $R_2 = CF_3$

ಮಾಧ್ಯಮಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣದಲ್ಲಿ ಪರ್ಯವಸಾನ ಹೊಂದುವದನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಬೇಕು ಮತ್ತು ಅದು ಫೋಟಾನುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಅಯಾನನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿರಿಸಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಅಣುವು ತನ್ನೊಳಗಿರಿಸಲಾದ ಆಯಾನಿಗೆ ರಕ್ಷಾಕವಚವನ್ನೊದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ ಅದು ಅಯಾನಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಪಂಜರವನ್ನೇ ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇಂತಹ ಪಂಜರಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಗುರುತಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಚಿಲೇಟ್ (Chelate) ಕೂಡ ಒಂದು. ಇದು ಒಂದು ಬಗೆಯ ರಚನೆಯ ಹೆಸರು. ಈ ಹೆಸರನ್ನು ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಚಿಲೇಟ್ ಎಂದರೆ "ಪಂಜ" ಎಂದರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಯಾನನ್ನು ಅಣುವು ಬಂಧಿಸಿ ಹಿಡಿದ ಚಿತ್ರವು ಹಿಂಸ್ರ ಪಶುವು ಅದು ಬೇಟೆಯನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳದಂತೆ ತನ್ನ ಪಂಜರದಿಂದ ಭದ್ರವಾಗಿ ಹಿಡಿದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಅದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಈ ರಚನೆಗೆ ಚಿಲೇಟ್ ಎಂಬ ಹೆಸರು ಬಂದಿದೆ. ಚಿತ್ರ (6-1) ರಲ್ಲಿ ಚಿಲೇಟ್ ರಚನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ.

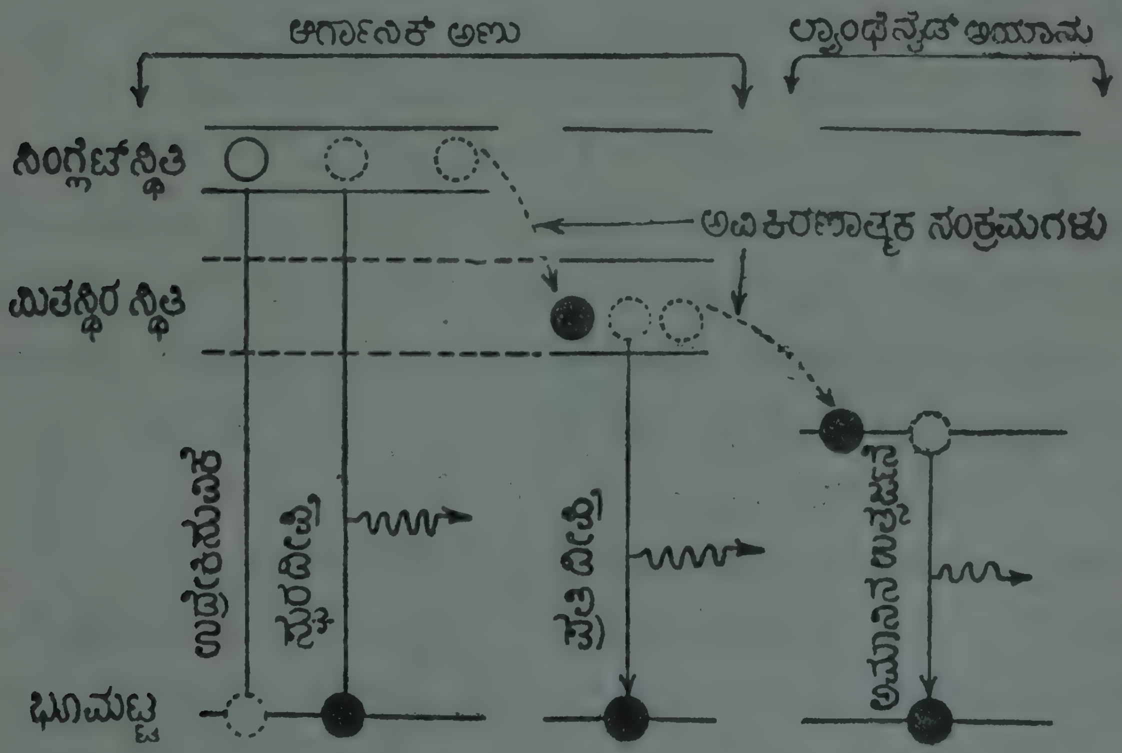
ಚಿತ್ರ (6-1) ರಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಗುಂಪಿನ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಅಯಾನು, ಅನೇಕ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಗುಂಪುಗಳಿಂದ ಬಂಧಿತವಾಗಿರುವದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಅಯಾನನ್ನು ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಬಂಧಿಸಿದ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಗುಂಪುಗಳನ್ನು ಲಿಗ್ಯಾಂಡ (Ligand) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಲಿಗ್ಯಾಂಡಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅನೇಕ ವಿಧಗಳುಂಟು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಒಂದು ಬಗೆಯ ಲಿಗ್ಯಾಂಡಗಳು ಅಯಾನನ್ನು ಬಂಧಿಸುವಲ್ಲಿ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿವೆ. ಅಯಾನಿನ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಬಂಧನವಿರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಲಿಗ್ಯಾಂಡುಗಳನ್ನು ಬೈಡೆಂಟೇಟ್ (Bidentate) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಬಗೆಯ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಲಿಗ್ಯಾಂಡುಗಳ ಪೈಕಿ ಒಂದೆರಡನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಬೆಂಝ್ನಾಯಿಲ್ ಎಸಿಟೋನೇಟಗುಂಪು ($CH_3-CO-CH_2-CO-C_6H_5$), ಹಾಗೂ ಇನ್ನೊಂದು ಬೆಂಝ್ನಾಯಿಲ್ ಟ್ರೈಫ್ಲೋರೊ ಎಸಿಟೋನೇಟ ($CF_3-CO-CH_2-CO-C_6H_5$) ಗುಂಪು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಲಿಗ್ಯಾಂಡು ಎರಡು ಕಾರ್ಬೊನಿಲ್ ಗುಂಪಿನಿಂದ ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಅಯಾನನ್ನು ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ (6-1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ, ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಕಪ್ಪಾದ ಗೋಲವು ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಅಯಾನನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತದೆ. ಅದರ ಸುತ್ತಲಿರುವ ಎಂಟು ಬಿಳಿಯ ಗೋಲಗಳು ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಹನ್ನೆರಡು $\otimes$ ಗೋಲಗಳು ಕಾರ್ಬನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು. R_1 ಮತ್ತು R_2 ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತವೆ. ಬೆಂಝ್ನಾಯಿಲ್ ಎಸಿಟೋನೇಟ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ R_1 ಇದು ಬೆಂಝೀನ್ ಉಂಗುರ (C_6H_5) ವನ್ನು ಮತ್ತು R_2 ಇದು ಮಿಥೈಲ್ (CH_3) ಗುಂಪನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಿದರೆ, ಬೆಂಝ್ನಾಯಿಲ್ ಟ್ರೈಫ್ಲೋರೊ ಎಸಿಟೋನೇಟ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ R_1 ಮತ್ತು R_2

ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಬೆಂಝೀನ್ ಉಂಗುರವನ್ನು ಮತ್ತು ಟ್ರೈಫ್ಲೋರೊ ಮಿಥೈಲ್ (CF_3) ಗುಂಪನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂಯುಕ್ತಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ನಾಲ್ಕು ಬೈಡೆಂಟೇಟ ಲಿಗ್ಯಾಂಡುಗಳು, ಅಯಾನಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಎಂಟು ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣು ಗಳಿಂದ ಒಂದು ಪಂಜರವನ್ನೇ ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಧಾನವು ಅಯಾನನ್ನು ಬಂಧಿಸುವಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದದ್ದು. ಇದನ್ನೇ ಚಿತ್ರ (6-1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಜಟಿಲವಾದ ರಚನೆ ರೂಪುಗೊಂಡಾಗ, ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯು ನೂರಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನ ಗಳನ್ನಾಕ್ರಮಿಸಿ ಅಯಾನಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಬಹುಮುಖ ಘನಾಕೃತಿಯನ್ನು ರೂಪಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇದೊಂದು ಈ ರಚನೆಯ ಪ್ರಮುಖವಾದ ಲಕ್ಷಣ. ಸ್ಫಟಿಕದಲ್ಲಿರುವ ಜಾಲಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅಯಾನಿನ ಸುತ್ತಲಿರುವ ಚಿಲೇಟ ಅಣುವಿಗೂ ಇರುವ ಸಾಮ್ಯವು ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬೃಹತ್ ಅಣುವು (ಚಿಲೇಟ ಅಣು) ದ್ರಾವಕದೊಂದಿಗೆ ವರ್ತಿಸುವಾಗ, ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪಂಜರದಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನು ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ವರ್ತಿಸು ವಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

6·3 ಚಿಲೇಟ್ ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು

ಚಿಲೇಟ್ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳ ಆಚೆಗಿರುವ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ರಚನೆ ಯನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಲಾಗದು. ಯಾಕಂದರೆ ಈ ರಚನೆ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಚಿಲೇಟ್‌ದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಲಿಗ್ಯಾಂಡನ್ನು, ತನ್ನದೇ ಆದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ರಚನೆ ಹಾಗೂ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗಿರುವ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಅಣುವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಅಣುವಿನ ವಿನ್ಯಾಸ, ಗಾತ್ರ ಹಾಗೂ ರಚನೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿ ಕಂಡರೂ. ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಮಾತ್ರ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದೇ ತೆರನಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳು ತಕ್ಷಣ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು. ಇದು ಅವುಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಲಕ್ಷಣ. ಈ ಅಣುಗಳೆಲ್ಲ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ರೋಹಿತದ ನೀಲಿ ಅಥವಾ ನೇರಳಾತೀತ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಶೋಷಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಶೋಷಣೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅಣು ಗಳಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಉದ್ರೇಕಗೊಂಡು ಸಿಂಗ್ಲೆಟ್ (Singlet) ಸ್ಥಿತಿಗೇರುತ್ತವೆ. ನಂತರ ಅಲ್ಪಾಯುವಾದ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಸ್ಫುರಣದೀಪ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ ನೇರವಾಗಿ ಭೂಮಟ್ಟಕ್ಕಿಳಿಯುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ (6-2) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಸಲ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸಿಂಗ್ಲೆಟ್ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ಭೂಮಟ್ಟ ಕ್ಕಿಳಿಯದೆ, ಆಂತರಿಕ ಸಂಕ್ರಮದಿಂದ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಗಿಳಿಯುವ ಸಂಭವವೂ ಇರು ತ್ತದೆ. ಈ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಟ್ರಿಪ್ಲೆಟ್ (Triplet) ಸ್ಥಿತಿಯೆಂದು

ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಟ್ರಿಪ್ಲೆಟ್ ಸ್ಥಿತಿಗಿಳಿದ ನಂತರ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ ಭೂಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಗೆ ಪ್ರತಿದೀಪ್ತಿಯೆಂದೆನ್ನುವರು. ಯಾವ ಬಗೆಯ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಾಗುತ್ತದೆಂಬುದು, ಅಣುವಿನ ರಚನೆ ಹಾಗೂ ಅದರ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಅಣುವು ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಅಯಾನಿಗೆ ಪಂಜರವಾದಾಗ, ಅಣುವಿನ ಉದ್ರೇಕಿತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮಿತಿಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯ ಮೂಲಕವೇ ಭೂಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸುವ ಸಂಭವ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಚಿಲೇಟ್ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ, ಟ್ರಿಪ್ಲೆಟ್ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ ಭೂಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸುವ ಬದಲಾಗಿ, ಅದು ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಅಯಾನಿಗೆ ಕೊಡುವ ಸಂಭವವೂ ಉಂಟು. ಆದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಲ್ಯಾಂಥೆನೈಡ್ ಅಯಾನಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯ ವರ್ಗಾವಣೆ ನಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಲಿಗ್ಯಾಂಡಿನ ಮಿತಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿ ಹಾಗೂ ಉದ್ರೇಕಿತ ಅಯಾನಿನ ಸ್ಥಿತಿ ಇವುಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳ ನಡುವೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯಿರಬೇಕು. ಮಿತಸ್ಥಿರ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವು ಉದ್ರೇಕಿತ ಅಯಾನಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಶಕ್ತಿಯ ವರ್ಗಾವಣೆ ನಡೆದು, ಅಯಾನು ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಗೇರುತ್ತದೆ. (ಚಿತ್ರ 6-2 ನೋಡಿರಿ) ಹೀಗಾಗಿ ಮೊದಲೇ ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಅಯಾನು ಪಂಪ್‌ಮಾಡಿದಾಗ ಆಕರದಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಲಾರದು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯು ಶಾಖದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆ



(ಚಿತ್ರ 6-2)

ಯಾಗುವದನ್ನು, ಅಯಾನಿಗೆ ಲಿಗ್ಯಾಂಡುಗಳ ಕವಚವನ್ನು ತೊಡಿಸಿ ತಪ್ಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

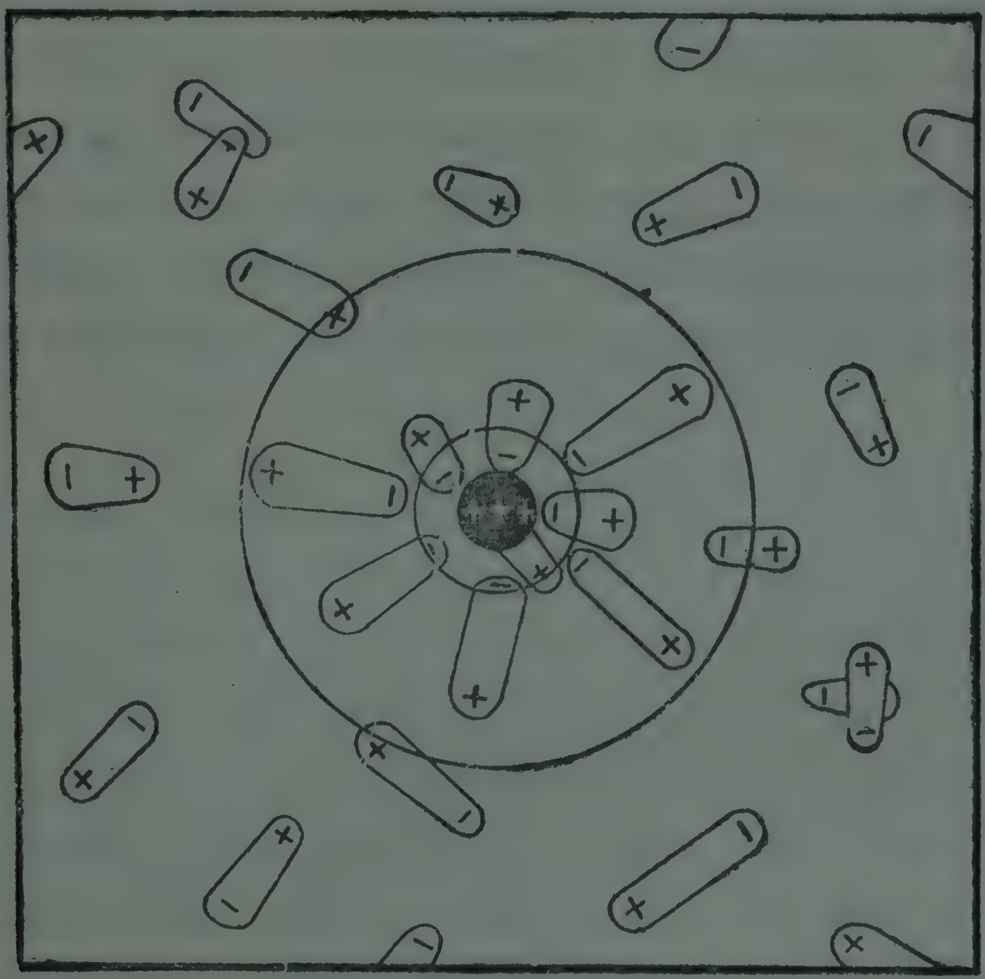
6.4 ದ್ರವ ಲೇಸರ್

ಚಿಲೇಟ್ ರಚನೆಯನ್ನಾಧರಿಸಿ, ಅಮೇರಿಕದ ಜನರಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಆ್ಯಂಡ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್‌ನ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಲಿಂಪಿಕ್ಕಿ ಹಾಗೂ ಹೆರಾಲ್ಡ್ ಸಾಮುಲ್ಸನ್ ಅವರ ನಿರ್ದೇಶನದಲ್ಲಿ ರಚಿಸಲಾದ ಪ್ರಥಮ ದ್ರವ ಲೇಸರ್ 1963ರ ಜನೆವರಿಯಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾಯಿತು. ಅವರು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಯುರೋಪಿಯಂ ಅಯಾನನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಘಟಕವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರು. ಅದನ್ನು ನಾಲ್ಕು ಬೆಂರ್ಝಾಯಿಲ್ ಎಸಿಟೋನೇಟಿನ ಲಿಗ್ಯಾಂಡುಗಳ ಪಂಜರದಲ್ಲಿಡಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಹಾಗೂ ಇಥೈಲ್ ಮತ್ತು ಮಿಥೈಲ್ ಅಲ್ಕೊಹಾಲ್‌ಗಳ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ದ್ರಾವಕವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿ ತಯಾರಿಸಿದ ದ್ರಾವಣದ ಉಷ್ಣತೆ ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ ದ್ರಾವಣವು ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ಸ್ನಿಗ್ಧವಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಸುಮಾರು —160° ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಈ ದ್ರಾವಣವು ಜೇನುತುಪ್ಪದಂತಿದ್ದು. ಅದರ ಪ್ರಕಾಶಕೀಯ ಗುಣಮಟ್ಟವು ಉನ್ನತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಅದರ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಉಷ್ಣತೆಯು ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ತುಂಬ ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅವರು ಸಾಕಷ್ಟು ತೀವ್ರತೆಯ ಸ್ಫುರಣ ದೀಪದಿಂದ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಬೆಳಗಿಸಿ 6131°A ತರಂಗ ದೂರದ (ಕೆಂಪಾದ) ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆದರು. ಇದರ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, ಘನವಸ್ತು ಮಾಧ್ಯಮದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿಗಿರುವ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳೂ ಇದಕ್ಕಿದ್ದುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ದ್ರವ ಲೇಸರಿನ ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯೋಗವು ಯಶಸ್ವಿಯಾದ ನಂತರ, ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ, ಪುನಃ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮುಂದುವರಿದವು. ಜಟಿಲ ರಚನೆಯುಳ್ಳ ಅನೇಕ ಚಿಲೇಟ್ ಅಣುಗಳ ಶೋಧನೆಯಾಯಿತು ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದ್ರಾವಕ ಮಿಶ್ರಣಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಚಿಲೇಟ್ ಅಣುವಿಗಿರುವ ಒಂದು ನ್ಯೂನತೆಯೆಂದರೆ, ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲವೆ ಕೊನೆಯ ಪಕ್ಷ ಕೋಣೆಯ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಾದರೂ ಅದು ತನ್ನ ಸ್ಫುರಣ ತೀವ್ರತೆ ಹಾಗೂ ರಚನಾ ಸಮಗ್ರತೆಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾರದು. ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಈ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಲ್ಲ ಚಿಲೇಟ್ ಅಣುಗಳ ಶೋಧನೆ ನಡೆಯಿತು. ಕೊನೆಗೆ ಬೆಂರ್ಝಾಯಿಲ್ ಟ್ರೈಫ್ಲೋರೊ ಎಸಿಟೋನೇಟ್ ಲಿಗ್ಯಾಂಡುಗಳಿಂದ ರೂಪುಗೊಂಡ ಚಿಲೇಟ್ ಅಣುವನ್ನು ಎಸಿಟೋನೈಟ್ರೈಲ್ ದ್ರಾವಕದಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿದಾಗ, ಅದು ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿಯೂ ತನ್ನ ರಚನಾ ಸಮಗ್ರತೆಯನ್ನು ಕಾಯ್ದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಮೂರು ಸಲ ಅಯಾನೀಕರಣಗೊಳಿಸಿದ (Triply ionised) ಯುರೋಪಿಯಂ ಅಯಾನನ್ನು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಲಿಗ್ಯಾಂಡಿನಿಂದ ಬಂಧಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಎಸಿಟೋನೈಟ್ರೈಲ್ ದ್ರಾವಕ

ದಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿ ತಯಾರಾದ ದ್ರಾವಣವು ಕೋಣೆಯ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿತು.

ಜನರಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಆ್ಯಂಡ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿಯೇ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಆ್ಯಡಮ್ ಹೆಲ್ಲರ್ ಎಂಬ ಇನ್ನೊಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಚಿಲೇಟನ್ನು ರಚಿಸಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದನು. ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಚಿಲೇಟು, ಶೋಷಣೆಯು ವಿಧಿಸುವ ಮಿತಿಯಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವಿಕಿರಣಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಯ ಹ್ರಾಸವು ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇದ್ದಿತು. ಆದರೂ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಚಿಲೇಟ್‌ನಲ್ಲಿ ಈ ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ಹ್ರಾಸವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಾಧಿಸಲಾಯಿತೆಂಬ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ವಿವೇಚಿಸುವಾ.

ಚಿಲೇಟಿನಲ್ಲಿ ಆಯಾನನ್ನು ಲಿಗ್ಯಾಂಡುಗಳು ಹೇಗೆ ಬಂಧಿಸುತ್ತವೆಂಬ ವಿಷಯವಾಗಿ ಈಗಾಗಲೇ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ನೀರಿನಂತಹ ದ್ರಾವಕಗಳಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ಅಯಾನನ್ನು ದ್ರಾವಕಗಳು ಸುತ್ತುವರಿದು ಅದಕ್ಕೊಂದು ಕವಚವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಕವಚವು



ಚಿತ್ರ (6–3) ಮುಂಕ್ತಿ ಕವಚ

ಅಯಾನನ್ನು ಉಳಿದ ಬಲಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಮುಕ್ತಗೊಳಿಸುವದರಿಂದ, ಕವಚವನ್ನು "ಮುಕ್ತಿ ಕವಚ" (Solvation Shell)ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಚಿತ್ರ (6-3)ರಲ್ಲಿಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡ ಜಟಿಲವಾದ ರಚನೆಯು ಚಿಲೇಟಿನ ರಚನೆಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿರಲೇಬೇಕೆಂಬ ನಿಯಮವೇನಿಲ್ಲ. ಈ ರಚನೆಗೂ ಕೂಡ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ವಿನ್ಯಾಸವಿರುವದರೊಂದಿಗೆ ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರತೆಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇಂತಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನ ದಕ್ಷತೆ(Efficiency of luminescence) ಮಾತ್ರ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಅಯಾನನ್ನು ಮುಕ್ತಿ ಕವಚದಲ್ಲಿಟ್ಟಾಗ ಅದು ತನ್ನ ಚುರುಕುತನವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಆಗ ಉದ್ರೇಕಿತ ಶಕ್ತಿಯು ಫೋಟಾನುಗಳ (ಬೆಳಕಿನ) ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬರದೆ ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಷ್ಟವಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಅಯಾನು ಹಾಗೂ ದ್ರಾವಕಗಳ ನಡುವಿನ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯವನ್ನು "ಅಯಾನಿನ ಮೇಲಿರುವ ಒಂದೇ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಶಕ್ತಿಯ ಬೃಹತ್ ಕ್ವಾಂಟಂ ಕಣ್ಮರೆಯಾಗಿ, ಅದೇ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಮುಕ್ತಿಕವಚದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಅದರ ಹೊರಗಡೆಗೆ ಅನೇಕ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಕ್ವಾಂಟಂಗಳಾಗಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆಂದು" ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಕ್ವಾಂಟಂಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಅಧಿಕವಾದಂತೆ ಅವಿಕಿರಣಾತ್ಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಹ್ರಾಸವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನೀರಿನ ಬದಲಾಗಿ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡನ್ನಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಭಾರಜಲವನ್ನಾಗಲೀ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಯಾಕಂದರೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಹೆಚ್ಚಳದಿಂದ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಬಂಧಗಳೊಡನೆ ಶಕ್ತಿಯ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಕ್ವಾಂಟಂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅಯಾನನ್ನು ನಿಶ್ಚೇಷ್ಟಿತಗೊಳಿಸಲು (Deactivate) ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ಕ್ವಾಂಟಂಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಹೆಚ್ಚಳವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

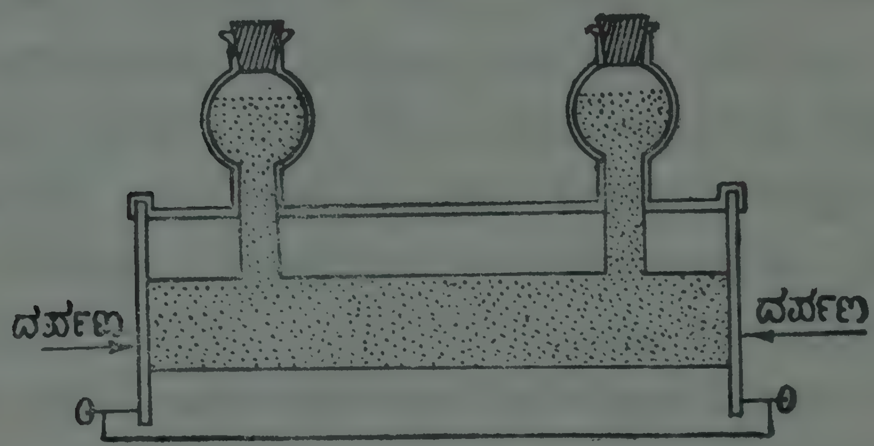
ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬಂಧಿತ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರಾದ ಪರಮಾಣುವು ನಿರ್ಣಯಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಥವಾ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳೇ ಇರಲಾರದ ದ್ರಾವಕಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ, ಅವಿಕಿರಣಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಂದ ಆಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಹ್ರಾಸವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ತಡೆಗಟ್ಟಬಹುದೆಂದು ಹೆಲ್ಲರ್ ತರ್ಕಿಸಿದನು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ದ್ರಾವಕಗಳೂ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತವಷ್ಟೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ದ್ರಾವಕಗಳನ್ನು ಲೇಸರ್‌ನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಾರದೆಂತಾಯಿತು. ಅಲ್ಲದೆ ದ್ರಾವಕವು ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಮಾತ್ರ ಅದನ್ನುದ್ರೇಕಿಸಲು (ಪಂಪ್ ಮಾಡಲು) ಅನುಕೂಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಅಯಾನ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ದ್ರಾವಕದಲ್ಲಿ, ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕರಗ

ಬೇಕಾದರೆ ಅದರ ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧ ಸ್ಥಿರಾಂಕ ಅಧಿಕವಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಎಲ್ಲ ಗುಣ ಧರ್ಮಗಳಿರುವ ದ್ರವವೆಂದರೆ ಸೆಲೆನಿಯಂ ಆಕ್ಸಿಕ್ಲೋರೈಡು ($SeOCl_2$). ಈ ದ್ರವವು ಪರಿಶುದ್ಧವಾಗಿರುವಾಗ ವರ್ಣರಹಿತವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆ ಸುಮಾರು ಗಾಜಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಅದರ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದು ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧ ಸ್ಥಿರಾಂಕ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡು ಮತ್ತು ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡುಗಳು ಮಿತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಈ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಟಿನ್‌ಟೆಟ್ರಾ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ($SnCl_4$) ಅಥವಾ ಆಂಟಿಮನಿ ಪೆಂಟಾಕ್ಲೋರೈಡ್ ($SbCl_5$)ನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸಂಯುಕ್ತಗಳೆರಡೂ ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ಮಿಶ್ರಣದೊಡನೆ ಸೆಲೆನಿಯಂ ಆಕ್ಸಿಕ್ಲೋರೈಡ್ ಸೇರಿದಾಗ ಪ್ರಬಲ ಎಪ್ರೊಟಿಕ್ * (Aprotic) ಆಮ್ಲಗಳು ಸಿದ್ಧವಾಗುತ್ತವೆ. ತರುವಾಯ ಎಪ್ರೊಟಿಕ್ ಆಮ್ಲಗಳು ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಸಂಯುಕ್ತದೊಡನೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಸೆಲೆನಿಯಂ ಆಕ್ಸಿಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಅಣುಗಳು ಮೂರು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಅಯಾನಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಮುಕ್ತಿಕವಚವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಆ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಹಗುರಾದ ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ವರ್ಗಮೂಲಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮಾನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರಾದ ಪರಮಾಣುವೆಂದರೆ ಆಕ್ಸಿಜನ್. ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ 16 ಪಟ್ಟು. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ದ್ರಾವಕದಲ್ಲಿಗಿಂತ, ಆಕ್ಸಿಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ದ್ರಾವಕದಲ್ಲಿ ಕಂಪನಶಕ್ತಿಯು ನಾಲ್ಕು ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಕದೊಡನೆ ನಡೆಯುವ ಅಂತರ್ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಪರಿಣಾಮವು ಅಯಾನಿನ ಮೇಲೆ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉದ್ರೇಕಿತ ಶಕ್ತಿಯ ಹ್ರಾಸವು ಅವಿಕಿರಣಾತ್ಮಕ ರೀತಿಯಿಂದ ಕೂಡ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆರಂಭದ ನಿರೀಕ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಸೆಲೆನಿಯಂ ಆಕ್ಸಿಕ್ಲೋರೈಡ್ ಪರಮಾವಧಿ ಸ್ಫುರದೀಪ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿತು. ಈ ಅಯಾನಿನ ಪ್ರಧಾನ ಉತ್ಸರ್ಜನ ರೇಖೆಯ ತರಂಗದೂರ 10550°A ಗಳು. ಮತ್ತು ಕೋಣೆಯ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಈ ರೇಖೆ ದೊರೆಯಿತು. ಉನ್ನತ ಗುಣ ಮಟ್ಟದ ಸ್ಫಟಿಕ ಮತ್ತು ಗಾಜಿನಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಈ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದಿತು ಮತ್ತು ಈ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಯ ವೈಶಾಲ್ಯವು (Width of Spectral line) ಸ್ಫಟಿಕದಿಂದ

* ಪ್ರೊಟಾನು ಅಥವಾ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಯಾನುಗಳಿರದ ಆಮ್ಲ.

ದೊರೆತ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಹಾಗೂ ಗಾಜಿನಿಂದ ದೊರೆತ ಲೇಸರ್ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರಿಯಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೆಂದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಪಂಪ್ ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಶೋಷಣ ಪಟ್ಟೆಗಳು ಸ್ಫಟಿಕಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಶೋಷಣ ಪಟ್ಟೆಗಳಿಗಿಂತ ವಿಶಾಲವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಆರು ಅಂಗುಲ ಉದ್ದವಾದ ಹಾಗೂ ಕಾಲು ಅಂಗುಲ (¼″)ವ್ಯಾಸದ ಒಂದು ಕೋಶವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು (ಚಿತ್ರ 6-4 ನೋಡಿರಿ) ಅದರಲ್ಲಿ ಸೆಲೆನಿಯಂ ಆಕ್ಸಿಕ್ಲೋರೈಡ್, ಟಿನ್‌ಟೆಟ್ರಾಕ್ಲೋರೈಡ್ ಮತ್ತು ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡುಗಳನ್ನು



ಚಿತ್ರ (6–4)

ಸೇರಿಸಿ ತಯಾರಿಸಿದ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ತುಂಬಬೇಕು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಹಾಗೆ ಪ್ರತಿಫಲನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು, ಇದರಲ್ಲಿಯೂ ಕೋಶದ ಎರಡೂ ಬದಿಗೆ ದರ್ಪಣಗಳನ್ನಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದಾಗ ಅದು ಸುಮಾರು 10 ರಿಂದ 20 ಮೆಗಾವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಲೇಸರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖವಾದ ನ್ಯೂನತೆಯುಳಿದುಕೊಂಡಿದೆ. ಲೇಸಿಂಗ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವಾಗ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಾಖದಿಂದ ದ್ರವಗಳು ಘನವಸ್ತುಗಳಿಗಿಂತ ಸಹಸ್ರಾರು ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಸರಣ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ದ್ರವವು ಪ್ರಸರಣ ಹೊಂದಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಲೇಸರ್ ಕೋಶದ ವಿನ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ದ್ರವವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಸ್ಫುರಣದೀಪದಿಂದ ಅದನ್ನು ಬೆಳಗಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಉಷ್ಣತೆ ಹೆಚ್ಚುವದರಿಂದ, ಅದರ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಲೇಸರ ದಂಡವು ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟಹೊಂದಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ತೊಂದರೆಯನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲೋಸುಗ ದ್ರವವು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಪರಿಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ,

ಲೇಸರಿನಿಂದ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮ

7.1 ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮ

ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಎರಗಿದಾಗ ಅದು ತನ್ನ ಸ್ವಭಾವಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ವಸ್ತುವು ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಬೆಳಕು ಅದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಪಾರ ದರ್ಶಕ ಮಾಧ್ಯಮವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಳಕಿನ ಹೊರತಾಗಿ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಏಕವರ್ಣೀಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಆ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಆ ಬೆಳಕು ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಚದುರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಚದುರಿದ ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, ಅದರಲ್ಲಿ ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯುಷ್ಟೇ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಒಂದು ರೇಖೆಯಿದ್ದು ಅದರ ಎರಡೂ ಬದಿಗೆ ವಿವಿಧ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅನೇಕ ರೇಖೆಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಸಿ.ವ್ಹಿ. ರಾಮನ್ ಗುರುತಿಸಿದ್ದರಿಂದ, ಇದನ್ನು " ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮ " ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಅವರು ಬೆಳಕಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಬೆಳಕು ಫೋಟಾನುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದಷ್ಟೆ. ν_0 ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳುವಾ. ಆ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು $h\nu_0$ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಬೆಳಕು ದ್ರವ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವಾಗ ಫೋಟಾನುಗಳು ಮಾಧ್ಯಮದ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ. ಹೀಗೆ ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದ ಫೋಟಾನುಗಳು ಚದುರಿ ಮಾಧ್ಯ ಮದಿಂದ ಹೊರಬರುತ್ತವೆ. ಚದುರುವಿಕೆಯು ಎರಡು ವಿಧವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಢಿಕ್ಕಿಯು ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅಣುವು ಫೋಟಾನಿನಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳದೆ

ಅದನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಚದುರಿಸಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ರ್‍ಯಾಲೆಯ ಚದುರುವಿಕೆಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಚದುರಿದ ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಮೊದಲಿನ ಫೊಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಚದುರಿದ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಢಿಕ್ಕಿಯು ಅಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಫೊಟಾನು ಅಣುವಿಗೆ ಕೆಲವೊಂದು ಪರಿಮಾಣ ದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು 'ರಾಮನ್ ಚದುರುವಿಕೆ' ಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ವಿಧವಾಗಿ ಚದುರಿದ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಸೂತ್ರ (7-1) ರಿಂದ ಕೊಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$\nu = \nu_{\circ} \pm \nu_{r} \qquad (7\text{-}1)$$

ν — ಚದುರಿದ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆ

ν_{r} — ಅಣುವಿನ ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ಇಲ್ಲವೆ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಈ ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳೆಂದೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. $\nu_{\circ}$ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರಧಾನ ರೇಖೆಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ($\nu_{\circ} - \nu_{r}$), ಸ್ಟೋಕ್‌ನ ರೇಖೆಗಳೆಂದೂ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಆ್ಯಂಟಿಸ್ಟೋಕ್‌ನ ರೇಖೆಗಳೆಂದೂ ಹೇಳಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣತೆ ಯಲ್ಲಿ ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವದಕ್ಕಿಂತ ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವದರಿಂದ, ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಫೊಟಾನುಗಳಿಗಿಂತ ಶಕ್ತಿ ಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಫೊಟಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸ್ಟೋಕ್ಸ್‌ನ ರೇಖೆಗಳಿಗಿಂತ ಆ್ಯಂಟಿಸ್ಟೋಕ್ಸ್‌ನ ರೇಖೆಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕ್ಷೀಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದುಬಂದ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯು, ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲೆಲ್ಲ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮವು ಉಂಟಾ ಗಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಕೆಲವೊಂದು ಸಲ ಮಾಧ್ಯಮದ ಅಣುವು ತನಗೆ ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದ ಫೊಟಾನನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಹೀರಿಕೊಂಡು, ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಗೇರುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಕ್ಷಣಾರ್ಧದಲ್ಲಿಯೇ ಅದು ತನ್ನ ಉದ್ರೇಕಿತ ಶಕ್ತಿಯ ಕೆಲ ಭಾಗವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಅದು ಹೀರಿಕೊಂಡ ಫೊಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುವ ದರಿಂದ, ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮಾಧ್ಯಮದ ಮೇಲೆರಗಿದ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು "ಸ್ಫುರ ದೀಪ್ತಿ" ಯೆಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿ ವಿಕಿರಣದ ಪುನರ್‌ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಿರುವದಿಲ್ಲ, ಸ್ಫುರದೀಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಧ್ಯಮದ ಅಣುಗಳು ಹೀರಿ

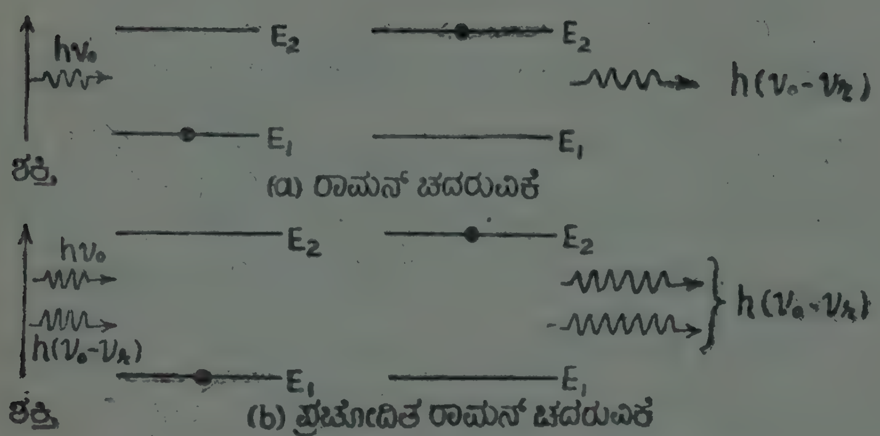
ಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸುವದು ಅವಶ್ಯವಾದರೆ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಮಾಧ್ಯಮದ ಅಣುಗಳು ಶೋಷಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾರದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಳಕನ್ನೇ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಚದುರಿದ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಿರುವದರಿಂದ ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು, ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕವನ್ನು ದಿನಗಟ್ಟಲೆ ಚದುರಿದ ಬೆಳಕಿಗೆ ಒಡ್ಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಯು ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಗಿಂತ ಎಷ್ಟೋ ಸಹಸ್ರ ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಅದು ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದೇ ತರಂಗ ದೂರವುಳ್ಳದ್ದು. ಆದ್ದರಿಂದ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು.

7·2 ಪ್ರಚೋದಿತ ರಾಮನ್ ಚದುರುವಿಕೆ

ವುಡ್‌ಬರಿ ಹಾಗೂ ಅವನ ಸಹಕಾರಿಯಾದ ಇನ್ನೊಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1962 ರ ಸುಮಾರಿಗೆ ಸ್ಪಂದನಶೀಲ ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆತ ತೆನೆಯ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ವಿಷಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರು. ಸುಮಾರು ಒಂದು ದಶಲಕ್ಷ ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ತೆನೆಯ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಅವರಿಗೆ ವಿಚಿತ್ರವೊಂದು ಕಾದಿತ್ತು. ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು 6943°Aಗಳಿರುತ್ತದಷ್ಟೆ. ವುಡ್‌ಬರಿ ಹಾಗೂ ಅವರ ಸಹಕಾರಿ ಈ ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, 6943°A ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಕಿನ ಪರಿಮಾಣವು ಅವರು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿದ್ದುದಕ್ಕಿಂತ ಪ್ರತಿಶತ 10 ರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದಿತು. ಆದರ ಬದಲಾಗಿ ಈ ಪ್ರತಿಶತ 10 ರಷ್ಟು ಬೆಳಕು 7660°A ತರಂಗದೂರದ್ದಾಗಿ ಅಂದರೆ ಮೊದಲಿನ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕಿಂತ ಭಿನ್ನ ತರಂಗದೂರವುಳ್ಳದಾಗಿ ಹೊರ ಬಂದಿದ್ದಿತು. ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಬೆಳಕು ಸಂಸಕ್ತತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿಯೂ ಇದ್ದಿತು. ಅವರು ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಲು ನೈಟ್ರೊಬೆಂಝೀನನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರು. 7660°A ತರಂಗದೂರದ ಉಪಉತ್ಸರ್ಜನೆಯು ನೈಟ್ರೊಬೆಂಝೀನದ ಕಾರಣದಿಂದಾಗುತ್ತಿದ್ದುದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಕೊಂಡರು ಮತ್ತು ಈ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನಾಂಕದಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯು ನೈಟ್ರೊಬೆಂಝೀನ್ ಅಣುವಿನ ಕಂಪನಲಕ್ಷಣವುಳ್ಳದೆಂದು ಅವರ ನಿರೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಉಪಉತ್ಸರ್ಜನೆಯು ಪ್ರಚೋದಿತ ರಾಮನ್ ಚದುರುವಿಕೆಯಾಗಿರಲೇಬೇಕೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರಲಾಯಿತು. ರಾಮನ್ ಚದುರುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಚೋದಿತ ರಾಮನ್

ಚದುರುವಿಕೆ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ [7-1(a)] ಮತ್ತು ಚಿತ್ರ [7-1(b)] ಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

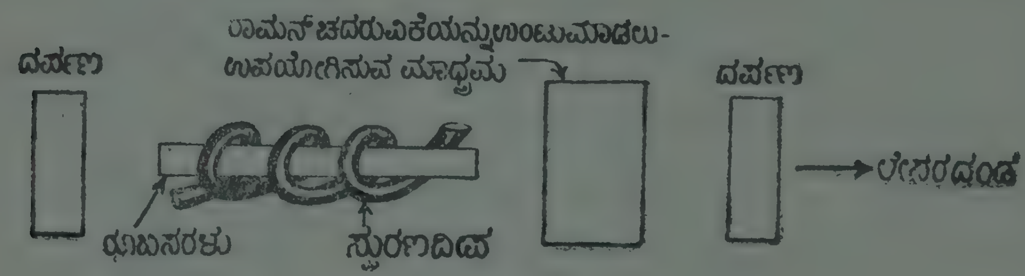


ಚಿತ್ರ 7–1(a)

ಚಿತ್ರ 7–1(b)

ಚಿತ್ರ (7–1)

ಪ್ರಚೋದಿತ ರಾಮನ್ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಚಿತ್ರ (7-2)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ರೂಬಿ ಲೇಸರ್



ಚಿತ್ರ (7–2)

ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿದ್ದು, ಲೇಸರ್ ಕುಹರದಲ್ಲಿಯೇ ಕೋಶವೊಂದನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಘನವಸ್ತು, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ತುಂಬಿ ಪ್ರಚೋದಿತ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಚದುರಿಸುವ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಲೇಸರ್ ಕುಹರದೊಳಗಡೆಯೇ ಅಳವಡಿಸಿರುವದರಿಂದ, ಚದುರಿದ ಬೆಳಕಿಗೂ ಕೂಡ ಲೇಸರ್ ಕುಹರವೇ ಅನುರಣನ ಕುಹರದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. 1964 ರೊಳಗಾಗಿ ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಧಿಕ ಒತ್ತಡ ಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿದ ಅನಿಲಗಳ ಮೇಲೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿ, ಅನುರಣನ ಕುಹರ ವಿಲ್ಲದೆಯೇ ಪ್ರಚೋದಿತ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಲೇಸರ್

ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವಾಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೇ ಕಲ್ಪಿಸದಂತಹ ಬೇರೊಂದು ಆವಿಷ್ಕಾರವುಂಟಾಗುವದು ವಿಜ್ಞಾನ ಲೋಕದಲ್ಲಿ ಸರ್ವಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವಾಗ ರಾಂಜೆನ್ನನು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದನು. ಆದರೆ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸಬೇಕೆಂಬ ವಿಚಾರವೇ ಅವನ ತಲೆಯಲ್ಲಿರಲಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಆಕಸ್ಮಿಕ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳಲ್ಲಿ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಲೇಸರ್ ಕೂಡ ಒಂದಾಗಿದೆ

8.1 ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಲೇಸರಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರ

ಅಮೇರಿಕನ್ ಇಂಟರ್‌ನ್ಯಾಷನಲ್ ಬಿಸಿನೆಸ್ ಮಶೀನ್ಸ್ ಕಾರ್ಪೋರೇಶನ್ನಿನ ಥಾಮಸ್ ಆರ್. ವಾಟ್ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ, ಪೀಟರ ಸೊರೊಕಿನ್ ಮತ್ತು ಜಾನ್ ಲಾಂಕಾರ್ಡ್ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 1966 ರಲ್ಲಿ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಅಣುಗಳಿಂದಲೂ ಕೂಡ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಇದು ಆಕಸ್ಮಿಕ ಆವಿಷ್ಕಾರವೆಂದು ಅವರೇ ಹೇಳಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಅಣುಗಳಿಂದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಉದ್ದೇಶವನ್ನಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗ ಅವರದಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಅವರು ಇಥೈಲ್ ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್‌ನಲ್ಲಿ ಥೆಲೊಸೈನಿನ್ ಎಂಬ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಕರಗಿಸಿ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಈ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆತ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ವರ್ಣದ್ರಾವಣದ ಮೂಲಕ ಚದುರಿದ ಬೆಳಕನ್ನು ಅವರು ಇನ್ನೊಂದು ಬದಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಮಸೂರದಿಂದ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿ ಒಂದು ಸೀಳು ರಂಧ್ರದ ಮುಖಾಂತರ ರೋಹಿತ ದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಕಳುಹಿಸಿದರು. ರೋಹಿತ ದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕವೊಂದನ್ನಿಡಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಅದು 7000°A ದಿಂದ 12000°A ತರಂಗದೂರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಯಾವುದೇ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿಯು

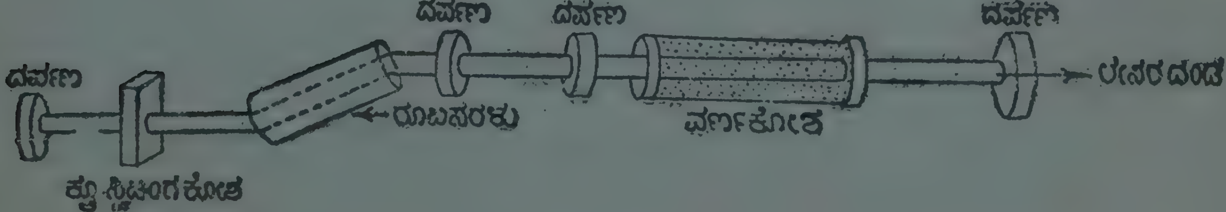
ಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿತ್ತು. ಚದುರಿದ ಬೆಳಕನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿಯಲಾದ ಈ ಛಾಯಾ ಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, ಸುಮಾರು 7555°A ತರಂಗದೂರದ ಒಂದು ವಿಸ್ತೃತ ಪಟ್ಟೆಯು (Diffuse Band) ಅದರಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಿತು. ಈ ಪಟ್ಟೆಯ ವಿಸ್ತರಣೆಯು, ರಾಮನ್ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯ ಗುರುತನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಳಿಸಿ ಹಾಕಿದ್ದಿತು. ಇದನ್ನು ಕಂಡು ಅವರು ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದಲ್ಲಿ ರಾಮನ್ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತಿರಬಹುದೇ ? ಎಂದು ಸಂದೇಹ ಪಟ್ಟರು. ಅವರ ಸಂದೇಹಕ್ಕೆ ಇನ್ನೊಂದು ಕಾರಣವೆಂದರೆ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಪಟ್ಟೆಯ ತರಂಗ ದೂರವು, ಥೆಲೊಸ್ಯೆನಿನ್ನಿನ ಒಂದು ಸ್ಫುರಣ ಪಟ್ಟೆಯ ಶೃಂಗದ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿದ್ದಿತು. ನಂತರದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಅವರ ಸಂದೇಹವು ಸತ್ಯ ವೆಂದು ಕಂಡು ಬಂದಿತು ಮತ್ತು ಅವರು ಒಂದು ವರ್ಣಕೋಶವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾದ ಅನುರಣನ ಕುಹರದಲ್ಲಿರಿಸಿ 7555°A ತರಂಗದೂರದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆದರು.

8.2 ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಲೇಸರ್

ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣಗಳ ಸ್ಫುರಣ ವಿಕಿರಣದಿಂದುಂಟಾದ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಒಂದ ಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಪರಮಾವಧಿ ತೀವ್ರತಾವಕೌಲ್ಯಗಳಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅದು ನೂರಾರು ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿಸ್ತೃತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಥಮ ಉದ್ರೇಕಿತ ಮಟ್ಟ ಮತ್ತು ಭೂ ಮಟ್ಟ ಇವು ಅನೇಕ ಉಪಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಿಂದ ಕೂಡಿ ರುತ್ತವೆ. ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಉಪಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ ಮತ್ತು ಭೂ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಉಪಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ನೂರಾರು ಸಂಕ್ರಮಗಳು ನಡೆಯುವುದರಿಂದ ಪಟ್ಟೆಯು ಹೆಚ್ಚು ವಿಸ್ತೃತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಸಲ ಭೂ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕೆಲ ಕಂಪನ ಉಪಮಟ್ಟಗಳ (Vibrational sublevels) ಶಕ್ತಿಯು ಎಷ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿರು ತ್ತದೆಂದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಬರಿದಾಗಿಯೇ (ಖಾಲಿಯಾಗಿಯೇ) ಇರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಉಂಟು. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವು ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಮೊದಲೇ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದ್ದಂತಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಉದ್ರೇಕಿತ ಉಪಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ ಹಾಗೂ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಭೂ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಕಂಪನ ಉಪಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಕ್ರಮ ನಡೆದು ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭವಾಗು ತ್ತದೆ. ಸೊರೊಕಿನ್ ಮತ್ತು ಲ್ಯಾಂಕಾರ್ಡ್ ಅವರು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆತ ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕನ್ನು ಥೆಲೊಸ್ಯೆನಿನ್ ದ್ರಾವಣವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಶಕ್ತಿಯು ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿಯ ಬಣ್ಣದ ಅಣುಗಳನ್ನು (Dye molecules) ನೇರವಾಗಿ ಸ್ಫುರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗೇರಿಸಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನಾರಂಭಿ

ಸಲು ಬೇಕಾಗುವಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಣುಗಳನ್ನು ಆ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಿಗೇರಿಸುತ್ತದೆ. ಒಮ್ಮೆ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭವಾಯಿತೆಂದರೆ ಬಣ್ಣದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಒದಗಿಸಲಾದ ಎಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಯು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ಬಂದ ಬೆಳಕು ಪುನಃ ವರ್ಧನೆಹೊಂದಿ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಯಶಸ್ವಿಯಾದನಂತರ, ಅನೇಕ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣಗಳಿಂದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಯಿತು. ಈ ದಿಸೆಯಲ್ಲಿ ಜರ್ಮನಿಯ ಮಾರ್ಬರ್ಗ್ ವಿಶ್ವ ವಿದ್ಯಾಲಯದ ಎಫ್. ಪಿ. ಶೆಫರ್, ಹ್ಯೂಸ್ ರೀಸರ್ಚ್ ಲ್ಯಾಬೊರೇಟರಿಯ ಎಂ.ಎಲ್. ಸ್ಪಿಥ್ ಮತ್ತು ಡಿ. ಪಿ. ಬೋರ್ಟ್‌ಫೀಲ್ಡ್, ರೇಥಾನ್ ಕಂಪನಿಯ ಮೈಕೆಲ್ ಬಾಸ್ ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಯಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಸದ್ಯ 7100 °A ದಿಂದ 11700 °A ತರಂಗದೂರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿಯ ಎಲ್ಲ ತರಂಗದೂರಗಳ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ದೊರಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣಗಳು ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿರುವ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ, ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯ ವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ ಸಾಕಷ್ಟು ದ್ವಿತೀಯ ಸಂಗತ ಬೆಳಕನ್ನು (ಮೂಲ ಕಿರಣದ ತರಂಗದೂರದ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ತರಂಗದೂರವಿರುವ) ಉತ್ಪಾದಿಸಬಲ್ಲದು ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ದೃಷ್ಟಿಗೋಚರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇನ್ನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

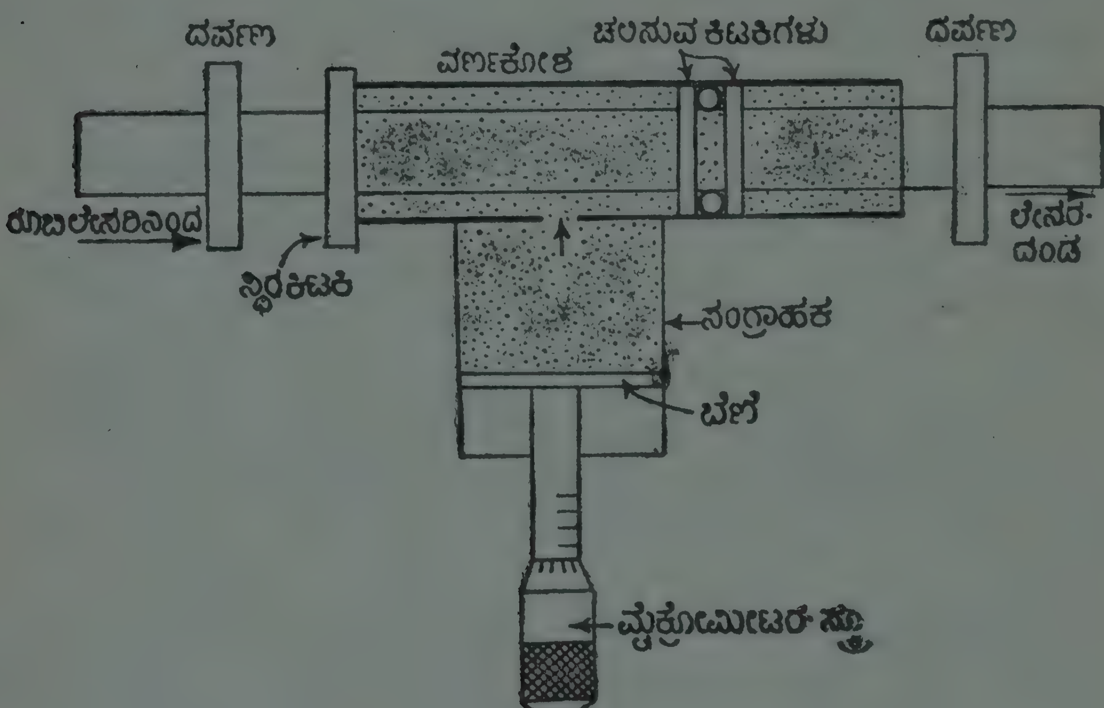
ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಪಂಪ್‌ಮಾಡಲು ಅನುದೈರ್ಘ್ಯ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು (Longitudinal Geometry) ಉಪಯೋಗಿಸುವದು ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಪಂಪ್‌ಮಾಡಿ ದೊರಕಿಸಲಾದ ಲೇಸರ್‌ದಂಡವು ತಿರ್ಯಕ್ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಪಂಪ್‌ಮಾಡಿ ಪಡೆದ ಲೇಸರ್‌ದಂಡಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಎರಡೂ ಬಗೆಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ದಕ್ಷತೆ ಮಾತ್ರ ಸುಮಾರು ಅಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ. ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣದ ಲೇಸರಿನಿಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ (8–1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅನುದೈರ್ಘ್ಯ ವಿನ್ಯಾಸದ ಒಂದು ಪಂಪಿಂಗ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ, ರೂಬಿ



ಚಿತ್ರ (8-1)

ಲೇಸರಿನ ಪ್ರತಿಶತ 40 ರಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಣ್ಣದ ಲೇಸರ್‌ದಂಡದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಜರ್ಮನಿಯ ಶೆಫರ್‌ನ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡವು ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣದ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುವದು ಸುಲಭಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದರು. ಅವರು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ (8–2) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ



ಚಿತ್ರ (8–2)

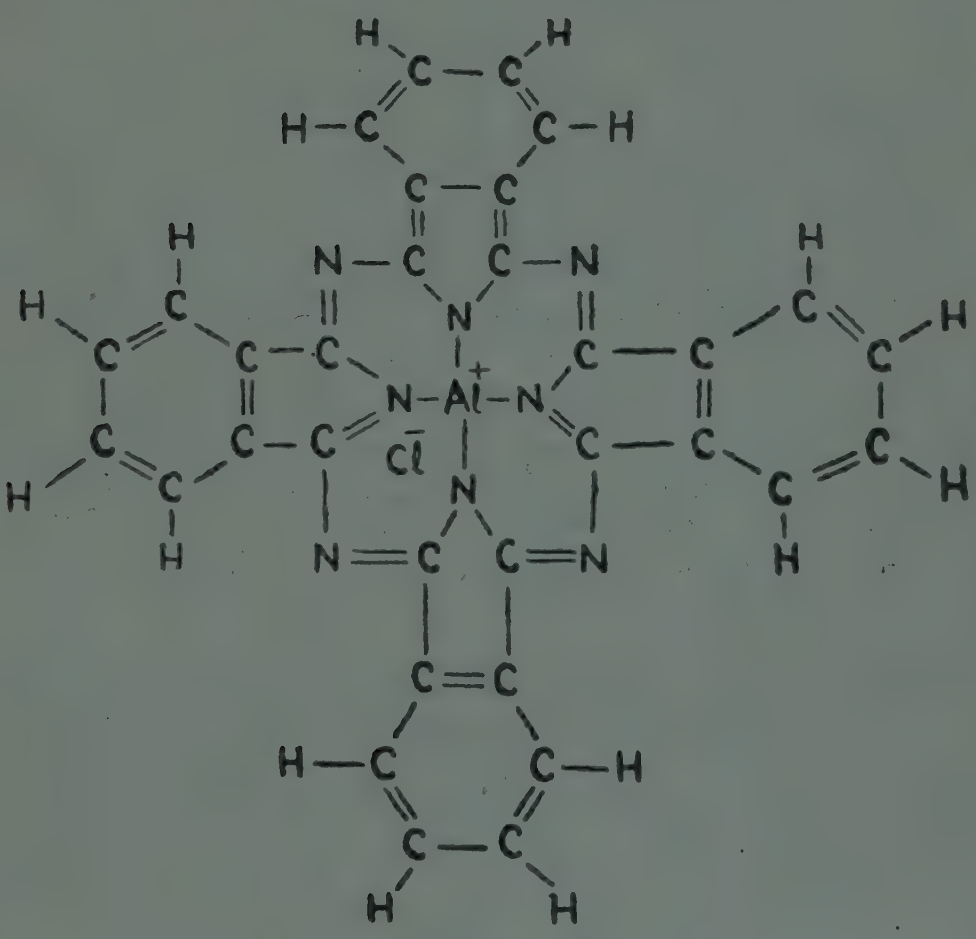
ಸಂಗ್ರಾಹಕವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಲೇಸರ್ ಕೋಶದಲ್ಲಿರುವ ಬಣ್ಣದ ಸಾರತೆ (Concentration) ಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಬಣ್ಣದ ಸಾರತೆಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವದರಿಂದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವನ್ನು 600°A ಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಬಣ್ಣದ ಸಾರತೆ ಅಧಿಕವಾದಂತೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ದೀರ್ಘ ತರಂಗದೂರದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಕೋಶದ ಉದ್ದಳತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವದರಿಂದಲೂ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬಹದು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವಿಕೆಯನ್ನು ಶ್ರುತಿಗೊಳಿಸುವಿಕೆ (Tuning) ಯೆಂದೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಶ್ರುತಿಗೊಳಿಸುವದಕ್ಕಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಆದಕ್ಕಾಗಿ ಅನೇಕ ವಿಧಾನ ಗಳನ್ನೂ ಕೂಡ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣಗಳ ಲೇಸರ್‌ಗಳಲ್ಲಿ

ಮೂಲದಂಡದ ತರಂಗದೂರವನ್ನೇ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ದಿಸೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ಪ್ರಪ್ರಥಮ ಘಟನೆಯೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು,

8.3 ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಕೆಲ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣಗಳು

ಎಷ್ಟೋ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಇಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

i) ಕ್ಲೋರೊ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಮ್ ಥೆಲೋಸೈನಿನ್ :

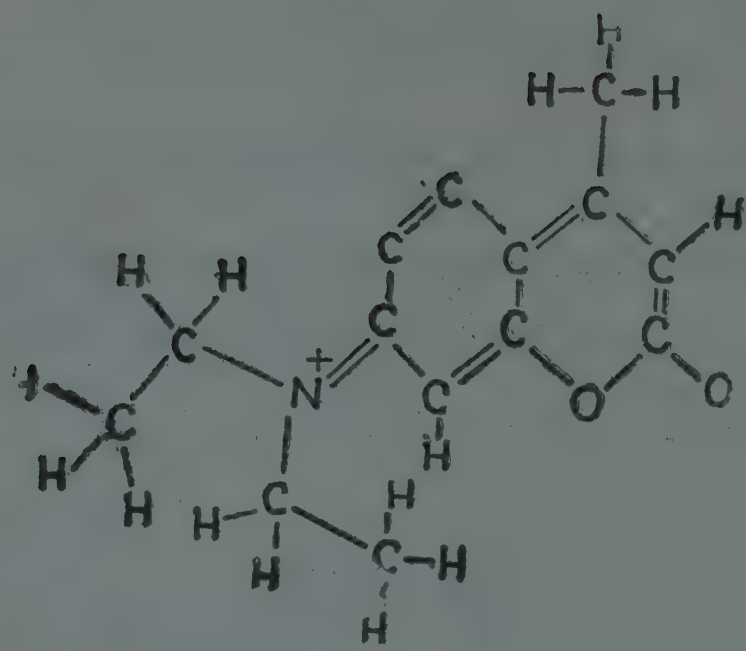


ಚಿತ್ರ (8-3)

ಇದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (8-3) ರಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ನೀಲಿಬಣ್ಣದಲ್ಲಿ ವರ್ಣದ್ರವ್ಯ (Pigment) ವಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ಬಣ್ಣವನ್ನು ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ ಬಳಸಿದಾಗ, ಅದು ಹಿರಿಗೆಂಪಿನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ 7555°A ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ.

ii) 7 ಡೈ ಇಥೈಲ್ ಅಮಿನೊ - 4 ಮಿಥೈಲ್ ಕೂಮರಿನ್ :

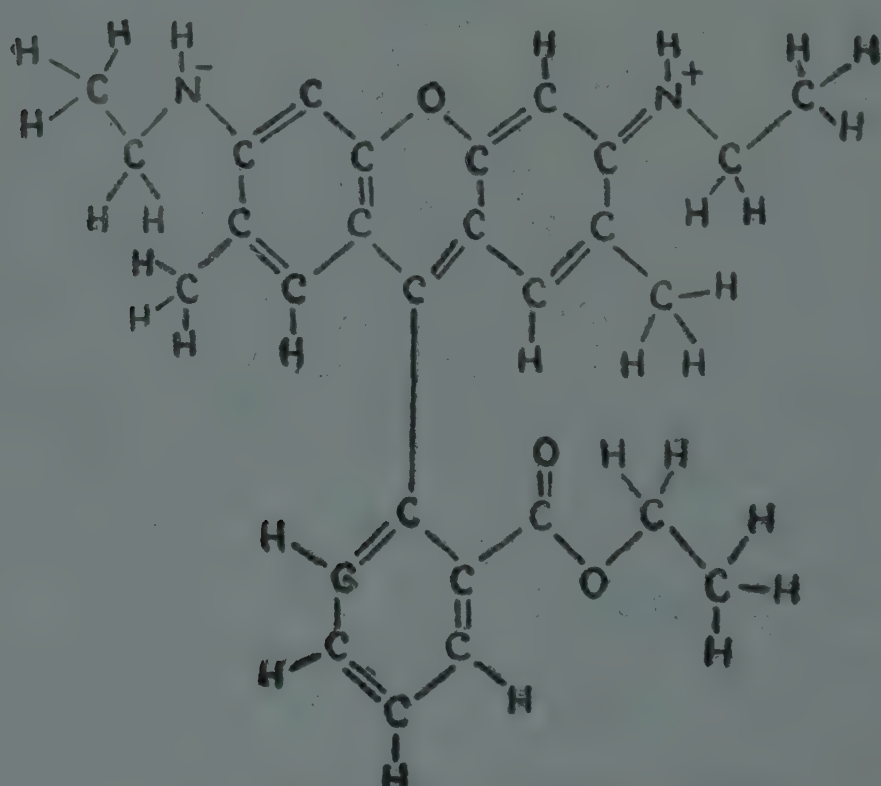
ಇದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (8-4) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಬಣ್ಣವು ಕೊಳೆ ನಿರ್ಮೂಲನ ಶುಭ್ರ ವರ್ಣದಲ್ಲಿ (Commercial detergent white-



ಚಿತ್ರ (8-4)

ness) ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಕೂಮರಿನ್ ಬಣ್ಣವು ಇಥೈಲ್ ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್‌ನಲ್ಲಿ ಉತ್ತಮ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು 4300°A ದಿಂದ 4900°A ಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಶ್ರುತಿಗೊಳಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಮತ್ತು ಇದು ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಬಲವಾದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ.

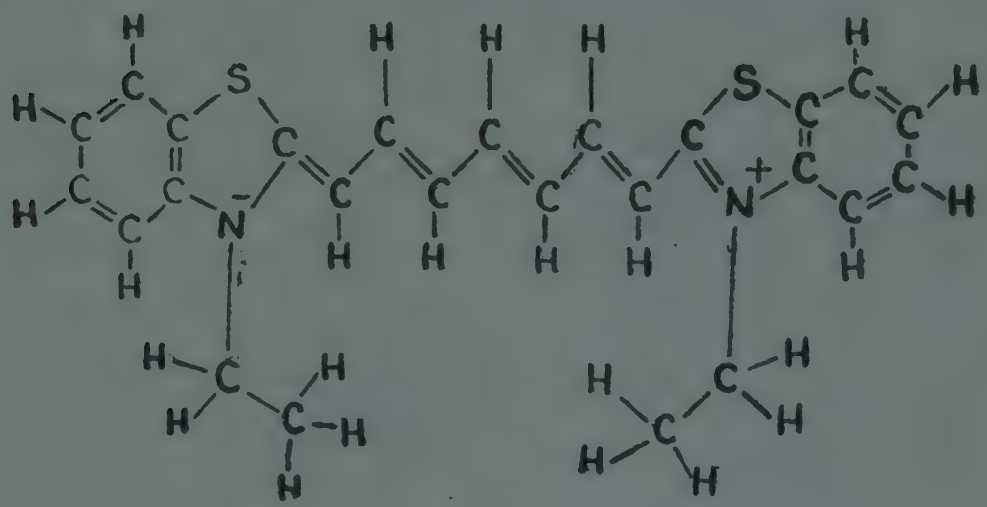
iii) ರೊಡೆಮೈನ್ 6 G :



ಚಿತ್ರ (8-5)

ಈ ಬಣ್ಣದ ರಾಸಾಯನಿಕ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (8-5) ರಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ವರ್ಣವನ್ನು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮುವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಗಿದೆ. ಹಸಿರು ಮತ್ತು ಕೆಂಪು ವರ್ಣದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಇದರಿಂದ ದೊರೆತ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವನ್ನು ಶ್ರುತಿಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಈ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣು ವರ್ಣಗಳಿಗೆ ಅಧಿಕ ಸಂವೇದಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆಂಬುದು ಗಮನಿಸ ಬೇಕಾದ ವಿಷಯ.

iv) 3, 3′ - ಡೈ ಇಥೈಲ್ ಥೈ ಟ್ರೈಕಾರ್ಬೊಸೈನಿನ್ ಅಯೊಡೈಡ್ :



ಚಿತ್ರ (8-6)

ಈ ಬಣ್ಣದ ರಾಸಾಯನಿಕ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (8-6) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ ಈ ಬಣ್ಣವನ್ನು ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ ಬಳಸಿದಾಗ 8000°A ಗಳಿಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಧಿಕವಾದ ತರಂಗದೂರದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಈ ಬಣ್ಣದ ಸ್ಥಿರತೆ ತೀರ ಕಡಿಮೆ.

ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಲಾದ ನಾಲ್ಕು ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣಗಳ ಪೈಕಿ ಕೂಮರಿನ್ ಮತ್ತು ರೊಡೆಮೈನ್‌ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸ್ಫುರಣ ದೀಪದಿಂದ ಉದ್ರೇಕಿಸಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ, ಅಥವಾ ರೂಬಿ ದ್ವಿ-ಸಂಗತ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ನಾಲ್ಕು ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

8.4 ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣದ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಭವಿಷ್ಯ

ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣದ ಲೇಸರಗಳ ವಿಷಯುವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆ ಗಳು ಇನ್ನೂ ಶೈಶವಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರ ದಲ್ಲಿ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯಿರುವುದರಿಂದ, ಮಾಧ್ಯಮದ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಅಥವಾ ಇಚ್ಛಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೇರಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಈ ವರೆಗೆ ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದ ಡಬಲ್‌ಕ್ವಾಂಟಂ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಜನಕ (Double quantum light Oscillater) ದಂತಹ ಉಪಕರಣಗಳ ಸೃಷ್ಟಿ ಸಾಧ್ಯವಾಗ ಬಹುದಾಗಿದೆ. ಅಧಿಕ ವೇಗದ ಶೋಷಣರೋಹಿತ ಶಾಸ್ತ್ರದ (High Speed Absorption Spectroscopy) ಅಭ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಾಗಿ ವಿಶಾಲವಾದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೋಹಿತವನ್ನು ಬಣ್ಣದ ಲೇಸರಿನಿಂದ ಒದಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈಸ್ಟಮನ್ ಕೊಡಕ್ ಕಂಪನಿಯ ಓ. ಜಿ. ಪೀಟರ್ಸನ್, ಬೆಂಜಾಮಿನ್, ಬಿ. ಸ್ನಾವ್ಲೆ, ಅವರು ಆರ್ಗಾನಿಕ್ ಬಣ್ಣ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಹೊಸ ಆವಿಷ್ಕಾರವನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ರೊಡೆಮೈನ್ ಬಣ್ಣದಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿಸಿ ತೆಗೆದ ಪ್ಲೆಕ್ಸಿ ಗಾಜಿನ (Plexi-glass) ಸರಳುಗಳನ್ನು ಸ್ಫುರಣದೀಪದಿಂದ ಉದ್ರೇಕಿಸಿದಾಗ ಅವು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವದನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಆವಿಷ್ಕಾರದ ಪ್ರಯೋಜನ ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ.

ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್‌ಗಳು

ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ರಚಿಸಲಾದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವದೂ ನೂರಕ್ಕೆ ನೂರರಷ್ಟು ದಕ್ಷತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವದಿಲ್ಲ. ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ನಿರುಪಯೋಗಿಯಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಶಾಖದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರ ಬಂದು ದ್ಯುತಿ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ವಿಕೃತಗೊಳಿಸಬಹುದು ಇಲ್ಲವೆ ಬೇರೆ ಯಾವುದೋ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ (ಲೇಸರ್ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ) ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವುಂಟಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ಮಾಧ್ಯಮವು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನೇ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ನಷ್ಟವಾಗುವುದರಿಂದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ದಕ್ಷತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅನೇಕ ಸಲ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆ ನಿಂತು ಹೋಗುವದೂ ಉಂಟು.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಉದ್ದವಾದ ಸಿಲಿಂಡರುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದಷ್ಟೆ. ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಂತಹ ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಶಾಖದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಹರಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಅಳವಡಿಸಲಾದ ತಂಪುಕಾರಿಯ ಮುಖಾಂತರ ಶಾಖವು ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೊರಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅನಿಲ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು, ಅನಿಲವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಮಂದಿರದ ಗೋಡೆಗಳ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿಸರಣ ವಿದ್ಯಮಾನವೇ ಕಾರಣ. ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ತಂಪುಕಾರಿಯನ್ನು ಜೋಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗೋಡೆಗಳ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸಿದ ಅಣುಗಳು ಹೊತ್ತೊಯ್ದ ಶಾಖವು ತಂಪುಕಾರಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಅನಿಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ (ನಿರುಪಯೋಗಿಯಾದ) ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಲಾದ ಎರಡೂ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ; ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಔಷ್ಣಿಕವಾಹಕತ್ವ ಮತ್ತು ವಿಸರಣ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲಾಗು

ತ್ತದೆ. ಇವೆರಡೂ ತೀರ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆಯುುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳು. ವಿಸರಣ ವಿದ್ಯಮಾನ ದಿಂದ ಕಾಲದೊಡನೆ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ನಷ್ಟವನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (9-1) ರಿಂದ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$\tau_{\text{ವಿಸರಣ}} = \left(\frac{D}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{\lambda}{c}\right) = \frac{D^2}{\lambda c} \tag{9–1}$$

ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ (9-1) ರಲ್ಲಿ λ ಮತ್ತು c ಇವು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಕಣದ ಸರಾಸರಿ ಮುಕ್ತ ಪಥ ಮತ್ತು ಸರಾಸರಿ ವೇಗ ಇರುತ್ತವೆ. D ಯು ಅನಿಲ ಮಂದಿರ ಇಲ್ಲವೆ ಕೊಳವೆಯ ವ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ದ್ರವಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕುವಲ್ಲಿ ಔಷ್ಣಿಕ ವಾಹ ಕತ್ವ ಇಲ್ಲವೆ ವಿಸರಣ ಕ್ರಿಯಾ ವಿಧಾನಗಳು ಸೂಕ್ತವೆನಿಸಲಾರವು. ಅದರಲ್ಲಿ ದ್ರವವೇ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಒತ್ತಡದ ಸಂವಹನಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸಮೀಕರಣದ ಸ್ವರೂಪ ಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (9-2) ರಿಂದ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$\tau_{\text{ಪ್ರವಾಹ}} = \frac{D}{V} \tag{9–2}$$

V - ಪ್ರವಾಹದವೇಗ. D - ಲೇಸರ್ ಸಿಲಿಂಡರಿನ (ದ್ರವವನ್ನೊಳಗೊಂಡ) ವ್ಯಾಸ ವಿರುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಚಲನೆಯ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಿಂದ ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 10^3 ರಿಂದ 10^6 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಬುಕರ್ಕನಲ್ಲಿರುವ ವೈಮಾನಿಕ ಬಲದ ಶಸ್ತ್ರಾಸ್ತ್ರಗಳ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ (Airforce Weapons Laboratory, Albuquerque) ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಅಲೆನ್ ಈ. ಹಿಲ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು $5.6 \times 76 \times 100$ ಸೆಂ. ಮೀ. ಗಾತ್ರದ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣವೊಂದನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದನು. ಈ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 28,000 ಘನ ಅಡಿ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲವು ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಲೇಸರಿನ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಕುಗ್ಗಿಸಬಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚಿನ ನಿರುಪಯೋಗಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದು ಹಾಕಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ದೊರಕಿಸಬೇಕಾದರೆ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯ ಮದ ಅಣು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ, ಒಂದೇ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಉದ್ರೇಕಿಸಬೇಕಾದುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯ. ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವು ವೇಗವಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸು

ತ್ತಿದ್ದರೆ, ನಿರುಪಯೋಗಿಯಾದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಗೆ ಹೋಗುವುದಲ್ಲದೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಉದ್ರೇಕಿಸುವದೂ ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ಎಡ್ವರ್ಡ್ ಟಿ. ಗೆರ್ರಿ ಎಂಬಾತನು 1970 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟನು. ಅವನು ರಚಿಸಿದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 14 ಕಿಲೋಗ್ರಾಮುಗಳಷ್ಟು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲವು ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದಿತು ಮತ್ತು 60 ಕಿಲೋವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲುದಾಗಿದ್ದಿತು.

ಅವಿರತವಾಗಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ತರಂಗಗಳನ್ನುತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಲೇಸರಿ ಗಿಂತ, ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಹೊರಚಿಮ್ಮುವ ಲೇಸರುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿವೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಜಿ. ಹೆಚ್. ಮೈಮಾನನು ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ 10 ಕಿಲೋವಾಟ್ ಶೃಂಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕಿನ ತೆನೆಯನ್ನು ಪಡೆದನು. ನಂತರ ಕ್ಯೂ-ಸ್ವಿಚ್ ಲೇಸರಿನಿಂದ 100 ಮೆಗಾವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ತೆನೆಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಸುಧಾರಣೆಗಳಾದವು. ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಸೇರಿಸಲಾದ ಗಾಜಿನ ಲೇಸರು 1.06 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗದೂರದ ಮತ್ತು ಕೆಲ ಪಿಕೋ ಸೆಕಂಡುಗಳ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿದವು (ಒಂದು ಪಿಕೋ ಸೆಕಂಡು ತೆನೆಯು ಒಂದು ಮಿಲಿ ಜ್ಯೂಲ್ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದು ಅದರ ಶೃಂಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 10^9 ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ).

ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಶೃಂಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳ ಉಪ ಯೋಗ ಹೆಚ್ಚು. ಈ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದಾಗ, ಅಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಮತ್ತು ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯು ಪರಿಶುದ್ಧವಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ರೂಪು ಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ರಶಿಯಾದಲ್ಲಿ ಮಾಸ್ಕೋದ ಲಿಬಿದೇವ್ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡು ತ್ತಿದ್ದ ನಿಕೊಲಾಯ್ ಜಿ. ಬಾಸೋವ್ ಅವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಈ ಬಗೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಡೆಯಿಸಿದರು. ಅವರು 30 ಜ್ಯೂಲ್ ಶಕ್ತಿಯ 20 ಪಿಕೋಸೆಕಂಡ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಲೀಥಿಯಂ ಡ್ಯುಟೆರೈಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀ ಕರಿಸಿದಾಗ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಾಗುತ್ತಿರುವದನ್ನು ಕಂಡರು. ನಂತರ ಅಮೇರಿಕದ ಹಾಗೂ ಯುರೋಪಿನ ಉಳಿದ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದೇ ವಿಧವಾದ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಅಮೇರಿಕದ ಲಿವ್ಹರ್‌ಮೂರ್‌ನ ಲಾರೆನ್ಸ್ ರೇಡಿಯೇಷನ್ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆ, ಲಾಸ್ ಆಲ್ಮೊಸಿನ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆ, ನೌಕಾ ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆ ಮತ್ತು ರೊಷೆಸ್ಟರ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾವಧಿ ಶೃಂಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸುವ ಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ರೊಷೆಸ್ಟರ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಮೊಷೆ ಜೆ. ಲ್ಯುಬಿನ್ ಅವರ ನೇತೃತ್ವ

ದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡದವರು 0.2 ನ್ಯಾನೋ ಸೆಕಂಡ್ ಉದ್ದವಿರುವ 600 ಜ್ಯೂಲ್ ಶಕ್ತಿಯ ಮತ್ತು 1.2×10^{12} ವಾಟ್ ಶೃಂಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಿದರು. ಸ್ಕ್ಯಾಂಡಿಯಾದಲ್ಲಿ ಜಿ. ಡಬ್ಲ್ಯೂ. ಗೊಬೇಲಿ ಮತ್ತು ಅವರ ಸಹಕಾರಿಗಳು 75 ಜ್ಯೂಲ್ ಶಕ್ತಿಯ 3 ಪಿಕೋ ಸೆಕಂಡು ಅಥವಾ 2.5×10^{13} ವಾಟ್ ಶೃಂಗಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತೆನೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಿದರು. ಲಾಸ್ ಆಲ್ಮೊಸಿನ ಡೆನಿಸ್‌ಗಿಲ್ಲ 50 ಜ್ಯೂಲ್ ಶಕ್ತಿಯ, 10 ರಿಂದ 100 ಪಿಕೋಸೆಕಂಡ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಹಿಲ್ ಎಂಬಾತನು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸರಿನ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ 500 ಕಿಲೋವೋಲ್ಟ್ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದಿಂದ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ 200 ಕಿಲೋವಾಟ್ ಶೃಂಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಿದನು. ಅಮೇರಿಕದ ಡಿರ್ಘೊನ್‌ಬರ್ಗ್ ಮತ್ತು ಅವನ ಸಂಗಡಿಗರು 24 ಜ್ಯೂಲ್ ಶಕ್ತಿಯ 100 ಮೆಗಾವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಇಂತಹ ಒಂದು ಸಹಸ್ರ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. 1970 ನೆಯ ಸೆಪ್ಟೆಂಬರ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಜಪಾನಿನ ಕೈಟೊದಲ್ಲಿ ಅಂತರ್‌ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಸಮ್ಮೇಳನ ನಡೆಯಿತು. ಆ ಸಮ್ಮೇಳನದಲ್ಲಿ ಫ್ರಾನ್ಸ್‌ದೇಶದ ಆರ್. ಡ್ಯುಮಾಕಿನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು, 130 ಜ್ಯೂಲ್ ಶಕ್ತಿಯ, 2 ಮೈಕ್ರೊ ಸೆಕೆಂಡ್ ತೆನೆಯನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರಿಗಿಂತ ಸ್ಪಂದನಶೀಲ (pulsed) ಅನಿಲ ಲೇಸರುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ದಕ್ಷತೆಯುಳ್ಳವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಲೇಸರ್

ಕೆಲವೊಂದು ಬಗೆಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ಉಷ್ಣ ಪ್ರಕ್ಷೇಪ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದುದು ಬಹು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾಗಿದೆ.

ಜೆ. ವ್ಹಿ. ಕಾಸ್ಪರ್ ಮತ್ತು ಜಾರ್ಜ್ ಸಿ. ಪಿಮೆಂಟೇಲ್ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರಥಮ ಲೇಸರನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. ಅವರು ತಮ್ಮ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಕಂಪನಾತ್ಮಕ ವಾಗಿ ಉದ್ರೇಕಿಸಿದ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಅಣುಗಳನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಮಾಧ್ಯಮ ವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು ಮತ್ತು ಈ ಅಣುಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದ ಕ್ರಿಯೆಂ ಗಳಿಂದ ಪಡೆದರು.

$$\left.\begin{array}{l} Cl + H_2 \longrightarrow HCl\,(v=n) + H \\ H + Cl_2 \longrightarrow HCl\,(v=n) + Cl \end{array}\right\} \qquad (10\text{-}1)$$

ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಕ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು, ಕ್ಲೋರಿನ್ ಆವಿಯನ್ನು ನೇರಳಾತೀತ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ದೊರಕಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ವಿಕಿರಣದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟಾಗ ಕ್ಲೋರಿನ್ ಅಣುಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ವಿಘಟನೆ ಹೊಂದು ತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಫ್ಲಾಶ್ ಫೊಟೋಲಿಸಿಸ್ (Flash Photolysis) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (10-2) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸ ಲಾಗಿದೆ.

$$HCl_2 + h\nu \longrightarrow 2Cl \qquad (10\text{-}2)$$

ಈ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಹೈಡ್ರೊಕ್ಲೋರಿಕ್ ಆಮ್ಲದ ಅಣುವಿನ (HCl) v = 2 ಮತ್ತು v = 1 ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಕ್ರಮ ನಡೆಯುವದರಿಂದ, ಅನೇಕ ಭ್ರಮಣಾತ್ಮಕ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು 3.7 ದಿಂದ 3.8 ಮೈಕ್ರಾನುಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಲೇಸರಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರಮುಖ ವಿಷಯಗಳ ಕಡೆಗೆ ಗಮನವೀಯುವದು ಅಗತ್ಯ. ಒಂದನೆಯದಾಗಿ ಉದ್ರೇಕಿತ ಸ್ಥಿತಿಯ ಕ್ರಿಯಾಭಾಗಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು (Reactant) ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ವರ್ತಿಸುವ ಸ್ವತಂತ್ರ ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಸ್ವತಂತ್ರ ಘಟಕಗಳ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲೇಸರಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಸದ್ಯ ಸ್ವತಂತ್ರ ಪರಮಾಣು ಹಾಗೂ ಸ್ವತಂತ್ರ ಘಟಕಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸುವ ನಮ್ಮ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ದೀರ್ಘ ಶ್ರೇಣಿ ಕ್ರಿಯೆಗಳ (Long Chain Reaction) ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರಿನ್‌ಗಳು ಸ್ವತಂತ್ರ ಘಟಕಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ದರವನ್ನು ಕುಂಠಿತಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ. ಹೈಡ್ರೊಜನ್-ಕ್ಲೋರಿನ್ ಫ್ಲಾಷ್ ಫೊಟೊಲಿಸಿಸ್ ಲೇಸರ್, ಸ್ಪಂದಿತ ಲೇಸರ್ ಹಾಗೂ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡಬಲ್ಲ ಅನೇಕ ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಅನೇಕ ಶತ ವಾಟಗಳಷ್ಟು. ಇಂತಹ ಅನೇಕ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ಫ್ಲಾಷ್ ಫೊಟೊಲಿಸಿಸ್, ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ತಕ್ಷಣ ಆಘಾತವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಶಾಖವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಮೇರಿಕದ ಕಾರ್ನೆಲ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಟೆರಿಲ್ ಎ. ಕೂಲ್. ಹಾಗೂ ರೊನಾಲ್ಡ್, ಆರ್. ಸ್ಟಿಫೆನ್ಸ್ ಅವರು ಪರಿಪೂರ್ಣ ಹಾಗೂ ಪರಿಶುದ್ಧವಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲೇಸರನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಅಂದರೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಅವರು ಬೇರೆ ಭೌತಿಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಿಲ್ಲ. ಅವರ ಲೇಸರ್ (10-3) ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ತಳಹದಿಯ ಮೇಲೆ ನಿಂತಿದೆ.

$$\left.\begin{array}{l} F_2 + NO \longrightarrow NOF + F \\ F_2 + D_2 \longrightarrow DF\,(v=n) + D \\ D + F_2 \longrightarrow DF\,(v=n) + F \\ DF\,(v=n) + CO_2\,(00^\circ 0) \longrightarrow \\ \qquad\qquad DF\,(v=n-1) + CO_2\,(00^\circ 1) \end{array}\right\} \quad (10\text{–}3)$$

ಮೇಲೆ ಕೊಡಲಾದ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಫ್ಲೋರಿನ್ ಅಣುವು ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಎರಡು ಸ್ವತಂತ್ರ ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ವಿಘಟನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಒಡನೆಯೇ ಈ ಸ್ವತಂತ್ರ ಫ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ (D_2) ಅಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ವರ್ತಿಸಿ ಕಂಪನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಉದ್ರೇಕಿತವಾದ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಫ್ಲೋರೈಡ್(DF) ನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಉದ್ರೇಕಿತ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಫ್ಲೋರೈಡು ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ (CO_2) ಅಣುವಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ ಉದ್ರೇಕಿತಗೊಂಡ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಿ 10.6 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗ ದೂರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. 'ಕೂಲ್' ನ ಉಪ ಕರಣದಲ್ಲಿ ಅನಿಲವು ದ್ಯುತಿ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಅನಿಲವು (CO_2) ದ್ಯುತಿ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತಹ ಉಪಕರಣಗಳ ರಚನೆಯೂ ಆಗಿದೆ. ಕ್ರಿಯಾಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಉಪಕರಣದಿಂದ ಹೊರದೂಡುವದೇ ಅನಿಲದ ಚಲನೆಯ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಯ ವರೆಗೆ ರಚಿಸಲಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲೇಸರ್ ಗಳ ದಕ್ಷತೆಯು ಪರಮಾವಧಿಯೆಂದರೆ ಪ್ರತಿಶತ 4 ರಿಂದ 5 ರಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇವು 440 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲವು. ಈ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರನ್ನು ಕಾರ್ನೆಲ್ ಏರೊನಾಟಿಕಲ್ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಥಿಯೋ ಡೋರ್ ಜೆ. ಫಾಕ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿ ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ರಾಸಾ ಯನಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಮಟ್ಟಸವಾದ ಹಾಗೂ ಅತ್ಯಂತ ಸಮರ್ಥಶಾಲಿಯಾದ ಲೇಸರನ್ನು ರಚಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಗುಣಧರ್ಮಗಳು

ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಜನಕಗಳನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಒಂದನೆಯದಾಗಿ ಕೃಷ್ಣಕಾಯ ಉತ್ಸರ್ಜಕಗಳು – ಕೆಂಪಗೆ ಕಾಯ್ದ ಘನವಸ್ತುಗಳು, ಸೂರ್ಯ ಇವು ಇದಕ್ಕುದಾಹರಣೆಗಳು. ಇವು ವಿವಿಧ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಆವರ್ತಜನಕಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಬಗೆಯ ತರಂಗ ಜನಕಗಳಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ವಿಕಿರಣವು ನೇರಳಾತೀತದಿಂದ ಮೊದಲುಗೊಂಡು ರಕ್ತಾತೀತ ವರ್ಣದ ವರೆಗಿನ ಎಲ್ಲ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಜ್ವಾಲೆಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಪಾರ್ಕ್, ತಪ್ತ ಆವಿಗಳು ಬರುತ್ತವೆ. ಇವು ತೀರ ಒತ್ತಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಒತ್ತಾದ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

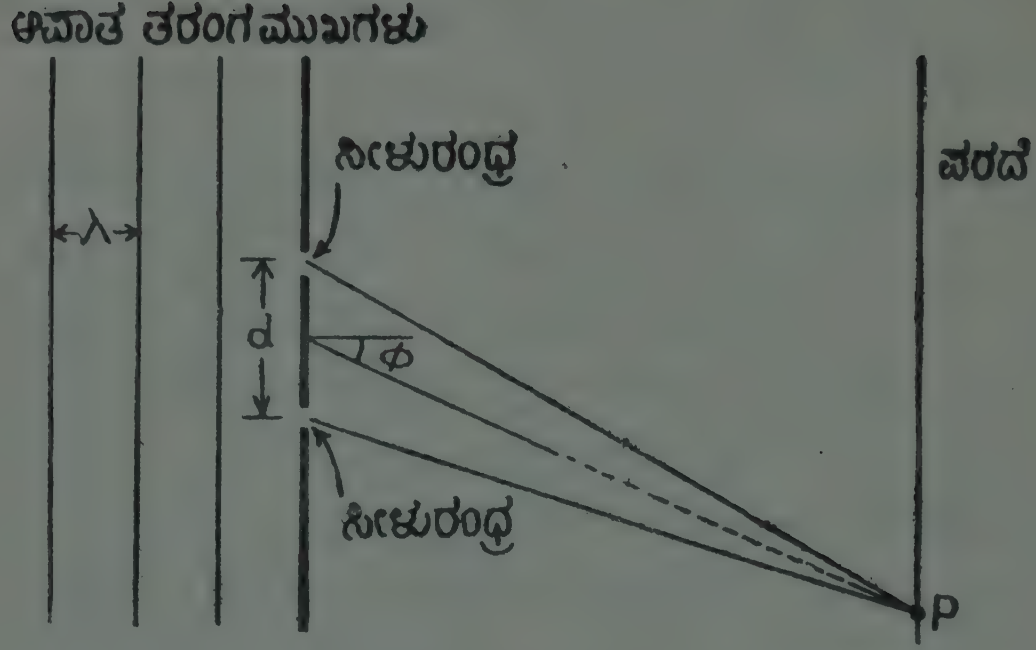
11·1 ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಂಸಕ್ತತೆ

ಯಾವುದೇ ಆವರ್ತಜನಕವು ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಲಾರದು. ರೋಹಿತ ರೇಖೆಯು ನಮಗೆ ಎಷ್ಟೇ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾಗಿ ಕಂಡರೂ ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹರವು ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಅದನ್ನು ಒಂದೇ ಒಂದು ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯವಿಕಿರಣವೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಏಕವರ್ಣೀಯ ವಿಕಿರಣವೆಂದೂ ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದ ವಿಕಿರಣ ಉತ್ಸರ್ಜಕಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಏಕವರ್ಣೀಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿದರೂ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಆವರ್ತಜನಕಗಳೆಲ್ಲ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿಕಿರಣದ ಎಲ್ಲ ತರಂಗಗಳು ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯ

ಲ್ಲಿರದೆ ವಿವಿಧ ಅವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಅಸಂಸಕ್ತ (Incoherent) ತರಂಗಗಳೆನ್ನುವರು.

ಆದರೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ವಿಷಯ ಹಾಗಲ್ಲ. ಅದು ಅನೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗಿದ್ದರೂ, ಒಂದೇ ಒಂದು ಆವರ್ತ ಜನಕದಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗಿರುವಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಕಿರಣವು ಪ್ರಚೋದಿತ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಿಂದುಂಟಾಗಿರುವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಯಾವುದೋ ಒಂದು ತರಂಗವು, ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಅದು ತರಂಗವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವಂತೆ ಪ್ರಚೋದಿಸುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಈ ಪರಮಾಣುವು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿದ ತರಂಗವು, ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸಿದ ತರಂಗದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದು ಅದರಷ್ಟೇ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಎರಡೂ ತರಂಗಗಳು ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ರೂಬಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಅನಿಲ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಾಗಲೀ ಪ್ರಚೋದಿತ ಫೋಟಾನು, ಅವುಗಳ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಚಲಿಸದೆ ಕೆಲವೊಂದು ಕೋನವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅದು ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಸಿಡಿದು ಹೋಗಿಬಿಡುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನೂ ಉಂಟುಮಾಡಲಾರದು. ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಅಂದರೆ ಅಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಫೋಟಾನುಗಳು, ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಎರಡೂ ಬದಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಲಾದ ದರ್ಪಣಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ, ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಹಿಂದೆ ಮುಂದೆ ಓಡಾಡುತ್ತ ಅನೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಈ ಪ್ರಚೋದನೆಯಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ತರಂಗಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಕೊಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ತರಂಗಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿದ್ದು, ಸೈನಿಕರಂತೆ ಹೆಜ್ಜೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಜ್ಜೆಯಿಟ್ಟು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಸಕ್ತ ಬೆಳಕು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಸಂಸಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿಗೂ ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿಗೂ ಇರುವ ಮುಖ್ಯ ಭೇದ. ಸಂಸಕ್ತತೆಯಲ್ಲಿ ಅವಕಾಶ ಸಂಸಕ್ತತೆ (Spatial coherence) ಮತ್ತು ಕಾಲ ಸಂಸಕ್ತತೆ (Temporal coherence) ಎಂಬೆರಡು ವಿಧಗಳುಂಟು.

ತರಂಗದ ಅವಕಾಶ ಸಂಸಕ್ತತೆಯನ್ನು ಎರಡು ಸೀಳು ರಂಧ್ರಗಳಿಂದುಂಟಾಗುವ ವ್ಯತಿಕರಣ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತೋರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಎರಡು ಸೀಳುರಂಧ್ರಗಳಿಂದ ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿದ್ಯಮಾನವುಂಟಾಗುವದನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ 'ಯಂಗ್' ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ (11-1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ತರಂಗ ಮುಖವು ಎರಡು ಸೀಳು ರಂಧ್ರಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ವಿವರ್ತನೆಗೊಂಡು ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಸೀಳುರಂಧ್ರ



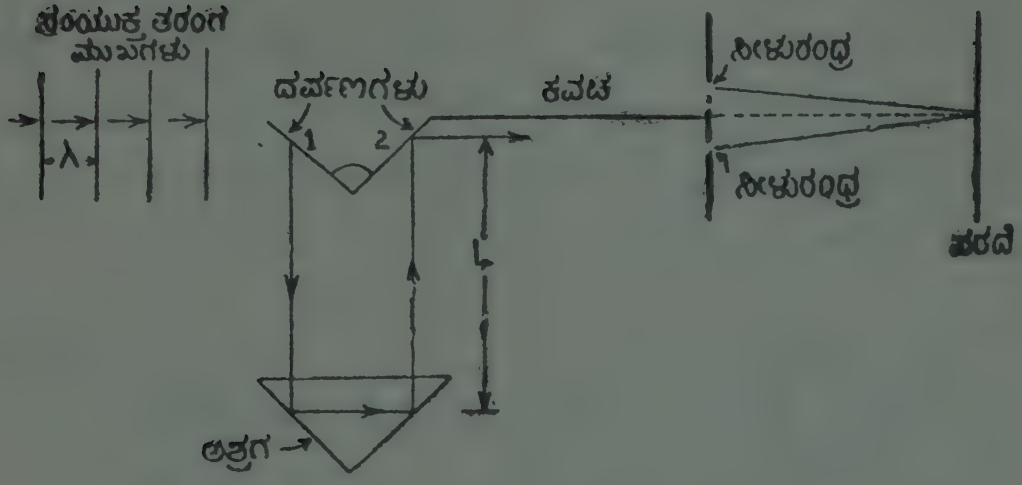
ಚಿತ್ರ (11–1)

ಗಳ ಮೂಲಕ ಬರುವ ತರಂಗಗಳ ಅವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿಯ ಅಂತರವು P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಅವಸ್ಥಾಂತರ θ ದ ಮೌಲ್ಯವು, π ದ ಸರಿಗುಣಕ (Even multiple)

$$\theta = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \phi \qquad (11\text{-}1)$$

ವಿದ್ದರೆ, ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಪಟ್ಟೆಯೂ ವಿಷಮಗುಣಕವಿದ್ದರೆ ಕತ್ತಲೆಯ ಪಟ್ಟೆಯೂ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಎರಡೂ ಸೀಳು ರಂಧ್ರಗಳ ಮೇಲೆ, ಸಮನಾದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವಿರುವ ತರಂಗಗಳ ಅವಸ್ಥಾಂತರವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾದ ವ್ಯತಿಕರಣವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂತಹ ತರಂಗ ಮುಖವು ಅವಕಾಶ ಸಂಸಕ್ತತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಅಳತೆ ಮಾಡುವ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅವಸ್ಥಾಂತರವು ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬದಲಾದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನ ಬದಿಗಿದ್ದ ಗರಿಷ್ಠವು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವದರೊಂದಿಗೆ ಅಸ್ಪಷ್ಟವೂ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಸಂಸಕ್ತ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಈ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯಮಾನವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಅವಕಾಶ ಸಂಸಕ್ತತೆಯಿರುವ ತರಂಗದ ಕಾಲ ಸಂಸಕ್ತತೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವಾ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಉಪಕರಣದ ಚಿತ್ರವನ್ನು (11-2)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಅವಕಾಶ ಸಂಸಕ್ತ ತರಂಗ ಮುಖದ ಅರ್ಧಭಾಗವು ಮೇಲಿನ ಸೀಳು ರಂಧ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆರಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನರ್ಧಭಾಗವು 1ನೆಯ ದರ್ಪಣದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಅಶ್ರಗದೆಡೆಗೆ ಸಾಗುತ್ತದೆ. ಅಶ್ರಗವು ಅದನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಳಿಸಿ 2ನೆಯ ದರ್ಪಣದೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಅದು ಪ್ರತಿಫಲನ



ಚಿತ್ರ (11-2)

ಹೊಂದಿ ಕೆಳಗಿನ ಸೀಳು ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಪರದೆಯ ಮೇಲೆರಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಮೊದಲನೆಯ ಹಾಗೂ ಎರಡನೆಯ ಭಾಗಗಳು ಸೇರಿ ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ತರಂಗ ಮುಖಗಳು ಅವಕಾಶ ಸಂಸಕ್ತವಾದ್ದರಿಂದ $L=0$ ಇದ್ದಾಗ ಸ್ಥಿರವಾದ ಫ್ರಿಂಜ್‌ಗಳು ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. L ದ ಮೌಲ್ಯವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗುತ್ತ ಹೋದಂತೆ ತರಂಗ ಮುಖದ ಎರಡನೆಯ ಭಾಗವು $2L/c$ ದಷ್ಟು ಕಾಲ ತಡವಾಗಿ ಪರದೆಯನ್ನು ತಲುಪುತ್ತದೆ. L ದ ಮೌಲ್ಯವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದು ಫ್ರಿಂಜ್‌ಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳದಿದ್ದರೆ, ತರಂಗವು ಕಾಲ ಸಂಸಕ್ತತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವದಿಲ್ಲ. L ದ ಮೌಲ್ಯವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ತಕ್ಷಣವೇ ಫ್ರಿಂಜ್‌ಗಳು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗದೆ, ಕ್ರಮೇಣ ಅದೃಶ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ. L ದ ಮೌಲ್ಯವು L_0 ವನ್ನು ತಲುಪಿದಾಕ್ಷಣ ಫ್ರಿಂಜ್‌ಗಳು ಅದೃಶ್ಯವಾಗುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಆಗ $t_0=2L_0/c$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಗ t_0 ಕಾಲವನ್ನು 'ಕಾಲಸಂಸಕ್ತತೆಯ ಅವಧಿ' ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. $t_0=10^{-7}$ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಾಗಿದ್ದಾಗ ಅನಿಲ ಲೇಸರ್‌ನಿಂದ ದೊರೆತ ಬೆಳಕಿಗೆ L_0 ದ ಮೌಲ್ಯವು 10,000 ಮೈಲುಗಳಿದ್ದರೆ, ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆತ ಬೆಳಕಿಗೆ ಕೇವಲ 15 ಮೀಟರ್‌ಗಳಿರುತ್ತದೆ. ಅನಿಲ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆತ ಬೆಳಕಿನ ಸಂಸಕ್ತತೆಯು ಇನ್ನುಳಿದ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಂದ ದೊರೆತ ಬೆಳಕಿನ ಸಂಸಕ್ತತೆಗಿಂತ ಉತ್ತಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

11·2 ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆ

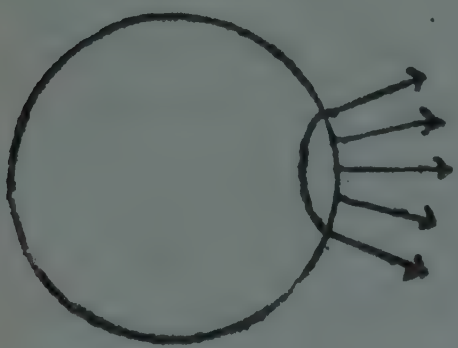
ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಎಷ್ಟೋ ಪಟ್ಟು ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲ ಲೇಸರಿನಿಂದ ಸಿಕ್ಕುವ ತೆನೆಗಳ ಶೃಂಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 80 ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳಿದ್ದರೆ, ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರುಗಳಿಂದ ದೊರೆತ ತೆನೆ

ಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 6×10^9 ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಆರ್ಗಾನ್. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನಿಲಗಳಿಂದ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಹೊರಸೂಸುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 100 ಹಾಗೂ 1000 ವಾಟ್‌ಗಳಿರುತ್ತದೆ. ನಾವು ನಿತ್ಯ ಕಾಣುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಉಷ್ಣತೆಯೊಂದಿಗೆ, ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ತುಲನೆಮಾಡಿ ನೋಡುವಾ.

ಅಡಿಗೆಮನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಒಲೆಯ ಉಷ್ಣತೆ	=	2,000 ಡಿಗ್ರಿಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್
ಕೆಂಪಗೆ ಕಾಯ್ದ ಟಂಗಸ್ಟನ್ ತಂತಿಯ ಉಷ್ಣತೆ	=	3,000 ,,
ಸೂರ್ಯನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಉಷ್ಣತೆ	=	6,000 ,,
ಪ್ರಖರವಾದ ನಕ್ಷತ್ರದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಉಷ್ಣತೆ	=	100,000 ,,
ನಕ್ಷತ್ರ ಗರ್ಭದಲ್ಲಿಯ ಉಷ್ಣತೆ	=	50,000,000 ,,
ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಉಷ್ಣತೆ	=	10 ಮಿಲಿಯನ್ ಬಿಲಿಯನ್ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್

ಅಂದರೆ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ದೊರೆಯುವಷ್ಟು ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ನೀಡಲಾರದು.

ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನೊಡನೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ತುಲನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (11-3) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಸೂರ್ಯನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಒಂದು ಚದರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಿಂದ 7,000 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ವಿಕಿರಣವು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆ ವಿಕಿರಣವು ವಿಸ್ತೃತ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ (11-3a)



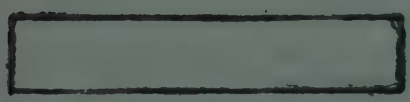
ಲೇಸರ್ ಗಾತ್ರದ ಶಂಕುವಿನಿಂದ ಸೂರ್ಯನು ಕೇವಲ 0.05 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲ ಮತ್ತು ಇದು ಎಲ್ಲ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ (11-3b)



ಲೇಸರ್‌ಗಾತ್ರದ ಶಂಕುವಿನಿಂದ ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಾದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣವು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದಾಗ ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಕೇವಲ 0.000001 ವಾಟ್.

ಚಿತ್ರ (11–3c)



ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ 100,000,000 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತನೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲದು.

ಚಿತ್ರ (11–3d)

11.3 ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯಾಸ್ಥಿರತೆ ಮತ್ತು ನಿರ್ದೇಶಕತೆ

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ತೀರ ಒತ್ತಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ರೂಬಿ ಹರಳಿನಿಂದ ದೊರೆತ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆ 400,000,000,000 ಸೈಕಲ್ಲುಗಳಿಂದ 400,006,000,000 ಸೈಕಲ್ಲುಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಅನಿಲ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ. ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 474,000,000,000,000 ಸೈಕಲ್ಲುಗಳಿಂದ 474,000,000,600,000 ಸೈಕಲ್ಲುಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಲಿಯಂ ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಸುಮಾರು 10 ಮಿಲಿ ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಕಾಲ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಕೇವಲ ಎರಡು ಮೈಕ್ರೊಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳಷ್ಟು ಕಾಲ ಮಾತ್ರ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರಬಲ್ಲದು.

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಮಹತ್ವದ ಇನ್ನೊಂದು ಗುಣಧರ್ಮವೆಂದರೆ, ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅದರ ಓಟ. ಟಾರ್ಚನ್ನು ಬೆಳಗಿಸಿದಾಗ ಅದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕು ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ದೂರ ಚಲಿಸಿದಂತೆ ಅದರ ಅಗಲವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಆಕರದಿಂದ ಎಷ್ಟೇ ದೂರ ಚಲಿಸಿದರೂ ಅದರ ಅಗಲವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸ್ಥಿರವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಬಹು ದೂರದವರೆಗೆ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಅಗಲವು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತದೇನೋ ನಿಜ. ಆದರೆ ಅದು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಒಂದು ಮೈಲು ದೂರ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಅಗಲವು 5 ಅಂಗುಲಗಳಷ್ಟು ಮಾತ್ರ

ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಅನಿಲ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಉಳಿದವುಗಳಿಗಿಂತ ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತದೆ. ಅರೆವಾಹಕ, ರೂಬಿ ಹಾಗೂ ಅನಿಲ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ದಂಡಗಳ ವಿಕೇಂದ್ರಿಕರಣೆಯು (Divergence) ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ $\frac{1}{15}°$, 10^{-3} ರೇಡಿಯನ್ ಮತ್ತು 2×10^{-4} ರೇಡಿಯನ್ ಇರುತ್ತದೆ.

11.4 ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡ

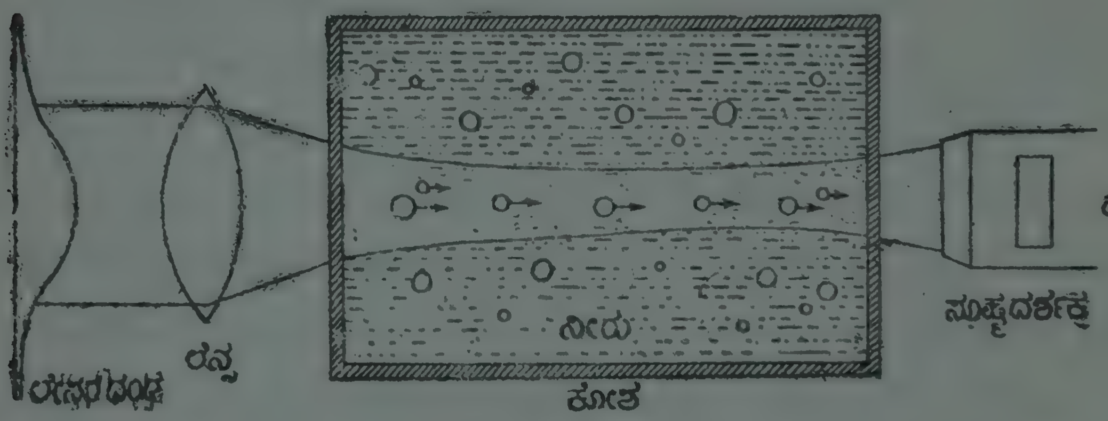
ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗಿನ ಅಭ್ಯಾಸದಿಂದ ಬೆಳಕು ಒಂದು ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಯೆಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಆವೇಗವೂ ಇರುತ್ತದೆ. ನಾವು ಬಿಸಿಲಿಗೆ ಮೈಯೊಡ್ಡಿದಾಗ ನಮಗೆ ಶಾಖದ ಅನುಭವವಾಗುತ್ತದೆಯೇ ವಿನಃ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ನಮ್ಮನ್ನು ಹಿಂದೆ ನೂಕಲಾರದು. ಆದಾಗ್ಯೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ವಸ್ತುವನ್ನು ತಾಡಿಸಿದಾಗ, ಆ ಸಂಘಟ್ಟನೆ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲವೊಂದು ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲಪ್ರಯೋಗವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲವನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಒತ್ತಡ (Radiation pressure) ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಬೆಳಕು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹಾಕಬಲ್ಲುದೆಂದು 1919 ರಲ್ಲಿಯೇ ಕೆಪ್ಲರ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದನು. ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡದ ಕಾರಣ ದಿಂದಲೇ ಧೂಮಕೇತುವಿಗೆ ಬಾಲವುಂಟಾಗುತ್ತದೆಂದು ಅವನ ತರ್ಕವಾಗಿದ್ದಿತು. ನಂತರ ನ್ಯೂಟನ್ನನು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಮುಂಡಿಸಿದ ಕಣ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಕೆಪ್ಲರನ ವಾದಕ್ಕೆ ಅಂದರೆ ವಿಕಿರಣ ಒತ್ತಡದ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪುಷ್ಟಿಯನ್ನೀಯಿತು. ಆದರೆ ವಿಕಿರಣ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಹದಿನೆಂಟು ಮತ್ತು ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನ ದಲ್ಲಿ ಕೈಕೊಂಡ ಪ್ರಯೋಗಗಳೆಲ್ಲ ವಿಫಲವಾದುವು. 1873ರಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನು ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆಂಬ ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮುಂಡಿಸಿದನು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆಧಾರದ ಮೇಲಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಿದನು ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ಆಕರಗಳು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡವು ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಯಾಗಿರುವದನ್ನು ಕಂಡುಕೊಂಡನು. ಅದೇ ಕಾಲಕ್ಕೆ ವಿಲಿಯಂ ಕ್ರುಕ್ಸ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಭಾಗಶಃ ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿದ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದನು. ಅದನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ರೇಡಿಯೋಮೀಟರ್ ಎಂಬ ಹೊಸ ಉಪಕರಣವನ್ನು ರಚಿಸಿಕೊಂಡನು. ಆದರೆ ಈ ರೀತಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾದ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲ್ ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಐದಾರು ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಿತು. ಅಲ್ಲದೆ ರೇಡಿಯೋಮೀಟರ್ ಕೂಡ ಬೆಳಕು ವಸ್ತುವನ್ನು ತಾಡಿಸಿದಾಗ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಔಷ್ಣಿಕ ಬಲಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಂವೇದಿಯಾಗಿದ್ದಿತು.

ವಿಕಿರಣ ಒತ್ತಡದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಅಮೇರಿಕದ ನಿಕೋಲಸ್ ಮತ್ತು ಹಲ್ ಹಾಗೂ ರಶಿಯಾದ ಲಿಬಿದೇವ್ ಅವರು

ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. ಅವರು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ವಿಕಿರಣ ಒತ್ತಡದ ಮೌಲ್ಯವು ಮ್ಯಾಕ್ಸವೆಲ್ಲನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿದ್ದಿತು. ಅಮೇರಿಕದ ಬೆಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಆರ್ಥರ್ ಆಸ್ಕಿನ್ ಹಾಗೂ ಅವರ ಸಂಗಡಿಗರು, ವಿಕಿರಣ ಒತ್ತಡವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ದಿಸೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಒಂದು ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ 0.5 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗ ದೂರದ ಹಸಿರು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಅದರ ಒಂದು ತರಂಗ ದೂರದಷ್ಟು ತ್ರಿಜ್ಯದ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಆ ಬಿಂದುವಿನಷ್ಟೇ ಗಾತ್ರದ ಗೋಲಾಕಾರವಾದ ಕಣವೊಂದನ್ನು ಅದರಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡದ ಕಾರಣದಿಂದ ಆ ಕಣದ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ಬಲವು ಸುಮಾರು 10^{-3} ಡೈನ್‌ಗಳಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಆ ಕಣದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಪ್ರತಿ ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 1 ಗ್ರಾಂ ಇದ್ದರೆ, ಅದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ 10^{-12} ಗ್ರಾಂ ಇರಬೇಕು. ಕಣದ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ಈ ಬಲವು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದಷ್ಟೆ. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ನಿಯಮದ ಮೇರೆಗೆ ಲೆಕ್ಕಹಾಕಿದಾಗ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಕಣದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವು, ಗುರುತ್ವವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ದಶಲಕ್ಷಪಟ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಣದ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವಾಗ, ಕಣವು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಳಿಸುತ್ತಿರಬೇಕು. ಅಂದಾಗ ಮಾತ್ರ ಬೆಳಕು ಅದರ ಮೇಲೆ ಪರಮಾವಧಿ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹಾಕಬಲ್ಲದು. ಕಣದ ಮೇಲೆರಗಿದ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರತಿಶತ 98 ರಷ್ಟು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ, ಕೇವಲ ಪ್ರತಿಶತ 2 ರಷ್ಟನ್ನು ಕಣವು ಹೀರಿಕೊಂಡರೂ, ಅಷ್ಟರಿಂದಲೇ ಅದು ಕರಗಿ ಬಿಡುವ ಸಂಭವ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಯಾಕಂದರೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವದರಿಂದ ಅದು ಕ್ಷಣಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ಕಣವನ್ನು ಕರಗಿಸಿಬಿಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ನಡೆಯಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಪಾರದರ್ಶಕವಾದ ಅವಾಹಕ ಕಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವದು ಉಚಿತ.

ಬೆಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪಾರದರ್ಶಕವಾದ ಮತ್ತು ನೀರಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯಷ್ಟೇ ಸಾಂದ್ರತೆಯಿರುವ ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಗೋಲಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರು. ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಕೋಶದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿ, ಕೋಶದ ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವನ್ನಳವಡಿಸಿದರು. ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಗೋಲ ಹಾಗೂ ನೀರಿನ ಸಾಂದ್ರತೆ ಸಮನಾಗಿರುವದರಿಂದ ಗೋಲಗಳು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ. ಕೋಶದ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಆರ್ಗಾನ್ ಅಯಾನು ಲೇಸರಿನಿಂದ ಹಸಿರುದಂಡವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಪಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಲಾಯಿತು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಬರುವಾಗ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಗೋಲಗಳೂ ಕೂಡ ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವದು ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಅವರು 10 ಮಿಲಿವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಮತ್ತು 15 ಮೈಕ್ರಾನ್

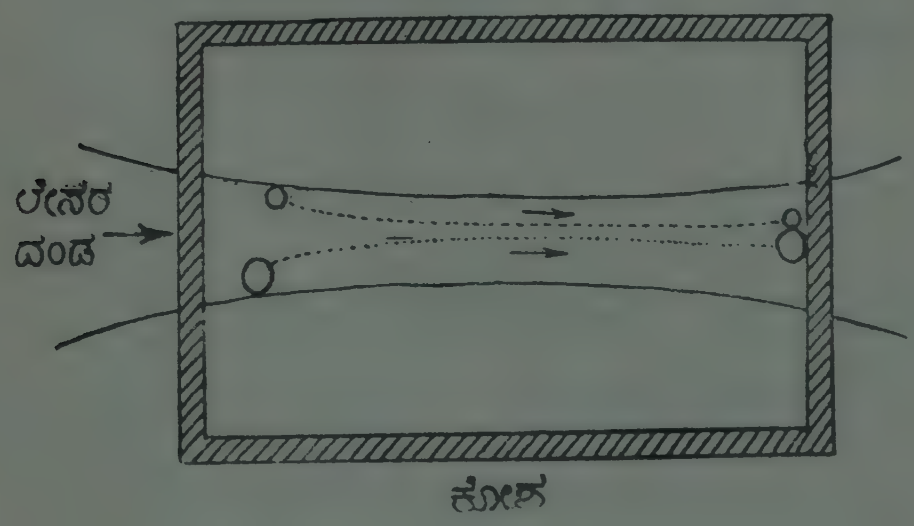
ವ್ಯಾಸದ ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ಕೋಶದ ಮೂಲಕ ಕಳುಹಿಸಿದಾಗ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಗೋಲಗಳು 10 ಮೈಕ್ರಾನುಗಳಷ್ಟು ಸ್ಥಿರವಾದ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಸ್ನಿಗ್ಧವಾದ ದ್ರವ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿಯ ಕಣದ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಿರವಾದ ಒತ್ತಡವಿದ್ದರೆ, ಅದು ಸ್ಥಿರವಾದ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತದೆಂದು ಸ್ಟೋಕ್ಸ್‌ನ ನಿಯಮ ಹೇಳುತ್ತದೆ. ಈ ನಿಯಮಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ನೀರಿನಲ್ಲಿರುವ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಗೋಲಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಗೋಲಗಳ ಈ ಚಲನೆ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡದಿಂದಲೇ ನಡೆಯುತ್ತದೆಯೇ? ಅಥವಾ ಅವುಗಳ ಚಲನೆ ಸಂವಹನ ಇಲ್ಲವೆ ಫೊಟೊಫೊರೆಸಿಸ್ (Photophoresis) ಕಾರಣವಿರಬಹುದೆ ? ಎಂಬ ಸಂದೇಹ ತಲೆದೋರಿತು. ಈ ಸಂದೇಹವನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಬೇರೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕೈಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಚಿತ್ರ (11-4)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ, ಕೋಶದ ಒಂದು ಬದಿಯಿಂದ



ಚಿತ್ರ (11-4)

ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ಕಳುಹಿಸಿ ಇನ್ನೊಂದು ಬದಿಯಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಸಲ ಅವರು 2.5 ಮೈಕ್ರಾನ್ ಮತ್ತು 0.5 ಮೈಕ್ರಾನ್ ವ್ಯಾಸದ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಗೋಲಗಳನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಂಡರು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವದಕ್ಕಿಂತ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಶೋಷಕದ ಮುಖಾಂತರ ಹಾಯಿಸಲಾಯಿತು. ಅದು ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವದರಿಂದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುವವನ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಯಾವ ಅಪಾಯವೂ ತಟ್ಟುವದಿಲ್ಲ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಗೋಲಗಳು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಚಲಿಸುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವದು ಕಂಡುಬಂದಿತು ಮತ್ತು ದೊಡ್ಡಗಾತ್ರದ ಕಣಗಳು ಚಿಕ್ಕಗಾತ್ರದ ಕಣಗಳಿಗಿಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದವು. ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಕಣಗಳ ಚಲನೆ ಸಂವಹನದ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಇದ್ದರೆ ಅವು ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಚಲಿಸಬೇಕು. ಆದರೆ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಅವು ಕ್ಷಿತಿಜಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಬೆಳಕು ಪ್ರಸರಿಸುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುವದರಿಂದ, ಅದಕ್ಕೆ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡವೇ ಕಾರಣವೆಂಬುದು ಖಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಈ ನಿರ್ಣಯವನ್ನು ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸಬಹುದಾದ ಇನ್ನೊಂದು ನಿದರ್ಶನ ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡು

ಬಂದಿತು. ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಅಂಚುಗಳಲ್ಲಿದ್ದ ಕಣಗಳು ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವದರೊಂದಿಗೆ, ದಂಡದ ಅಕ್ಷದಗುಂಟ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಅಕ್ಷದೆಡೆಗೆ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಡುವದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (11-5) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

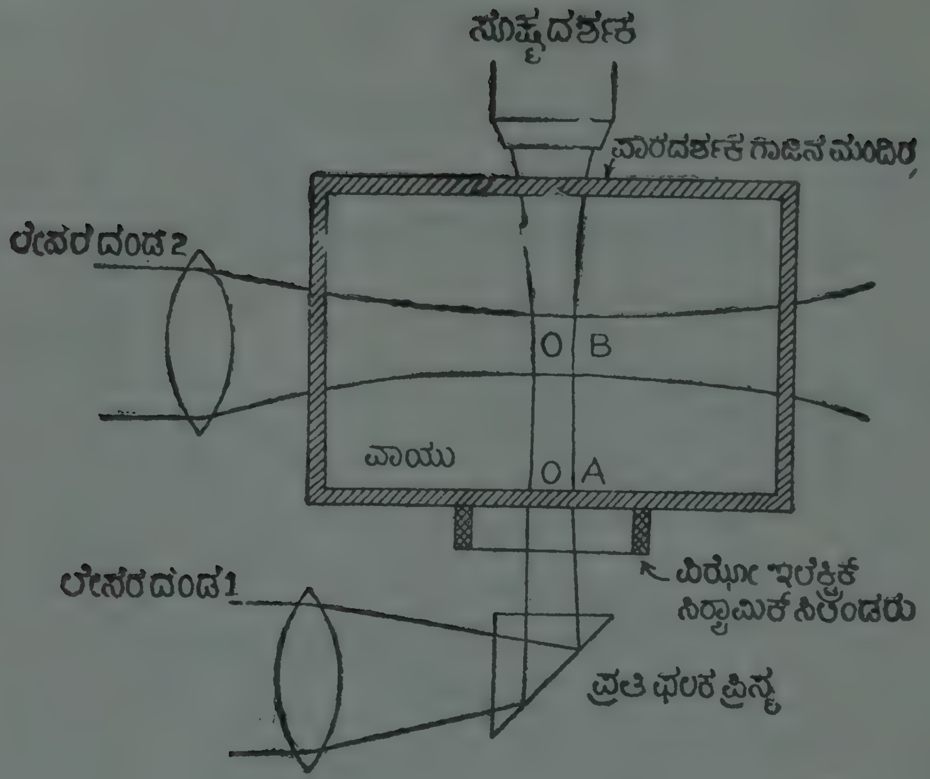


ಚಿತ್ರ (11-5)

ಇನ್ನು ಫೊಟೊಫೊರೆಸಿಸ್‌ನಿಂದಾಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವಾ. ಫೊಟೊಫೊರೆಸಿಸ್ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಮೇರೆಗೆ ಕಣದ ಕಾಯ್ದ ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ಬಲವು ಅದರ ತಂಪಾದ ಭಾಗದ ಮೇಲಿರುವ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿದ್ದ ಕಣವು ಈ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಲೇಸರ್ ದಂಡದಿಂದ ಹೊರದೂಡಲ್ಪಡಬೇಕು. ಆದರೆ ಕಣವು ಅಕ್ಷದೆಡೆಗೆ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ತದ್ವಿರುದ್ಧ ಪರಿಣಾಮವು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಣದ ಚಲನೆ ಫೊಟೊಫೊರೆಸಿಸ್‌ನಿಂದಲೂ ಉಂಟಾಗುವದಿಲ್ಲವೆಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಬಹುದು.

ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಣಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವದರಿಂದ ಈ ತತ್ವವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ, ಪ್ರವಾಹಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಜೀವಕೋಶ, ವೈರಸ್ಸು ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ತತ್ವವನ್ನು 0.1 ಮೈಕ್ರಾನ್ ಗಾತ್ರದಿಂದ ಹಿಡಿದು 100 ಮೈಕ್ರಾನ್‌ಗಳಷ್ಟು ಗಾತ್ರವಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು. ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಚಿಕ್ಕ ಕಣಗಳನ್ನು ಭೂಗುರುತ್ವವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ಹತ್ತು ಸಹಸ್ರಪಟ್ಟು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲಗಳನ್ನೂ ಕೂಡ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಗುರುತ್ವಬಲಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆತ್ತಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಲಘಿಮಾಶಕ್ತಿ (Lavitation) ಯೆಂದೆನ್ನುವರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಚಿತ್ರ (11-6)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. 20 ಮೈಕ್ರಾನ್



ಚಿತ್ರ (11-6)

ವ್ಯಾಸದ ಪಾರದರ್ಶಕವಾದ ಗಾಜಿನಗೋಲ *A* ಯನ್ನು ಗಾಜಿನ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ವಾಯುವನ್ನು ತುಂಬಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. *A* ಗೋಲದ ಮೇಲೆ ಲೇಸರ್‌ದಂಡ 1ನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಸುಮಾರು 250 ಮಿಲಿವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರಲಿ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಗಾಜಿನ ಗೋಲವು ಮೇಲೇಳುವದಿಲ್ಲ. ಯಾಕಂದರೆ ಗಾಜಿನ ಗೋಲ ಹಾಗೂ ಅದಕ್ಕಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ ಗಾಜಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ವಾಂಡರ್‌ವಾಲ್ ಆಕರ್ಷಕಬಲಗಳು ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. 20 ಮೈಕ್ರಾನ್ ವ್ಯಾಸದ ಗಾಜಿನ ಗೋಲದ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ವಾಂಡರ್‌ವಾಲ್ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲವು ಗುರುತ್ವ ಬಲದ 10,000 ಪಟ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಮರ್ದ (Piezoelectric) ಸಿರೆಮಿಕ್ ಸಿಲಿಂಡರುಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಧ್ವನಿಕಂಪನಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ವಾಂಡರ್‌ವಾಲ್ ಆಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ನಾಶಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲವು ನಷ್ಟವಾದ ಕ್ಷಣವೇ ಗಾಜಿನಗೋಲವು A ದಿಂದ B ಗೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ದಂಡ 2ನ್ನು B ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಗಾಜಿನ ಗೋಲದ ಮೇಲೆ ಕಳುಹಿಸಿ ಅದನ್ನು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಸರಿಸಲು ಅವಶ್ಯವಾದ ಬಲವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದು ಗುರುತ್ವ ಬಲದ ಅರ್ಧದಷ್ಟಿರುವದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಅಲ್ಲದೆ ಕಾಂಪ್ಟನ್ನನ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಫೋಟಾನು ಮತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯು, ಬೆಳಕಿಗೆ ಒತ್ತಡವಿರುವದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತದೆ.

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಉಪಯೋಗಗಳು

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಮುಖ ಲಕ್ಷಣಗಳಾದ ಸಂಸಕ್ತತೆ, ಏಕವರ್ಣಕತ್ವ, ಅದರ ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹಾಗೂ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಓಡುವಿಕೆ ಇವುಗಳನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿವಿಧ ರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದೊಂದಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸುವಾ.

12.1 ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವಲ್ಲಿ

1881 ರಲ್ಲಿ ಮೈಕಲ್ಸನ್ ಮತ್ತು ಮಾರ್‍ಲಿ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಭೂಮಿಯು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ತನ್ನ ಕಕ್ಷಾಪಥದಲ್ಲಿ ಈಥರಿನ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವೇಗವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಏಕವರ್ಣಕ ಆಕರದಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯು ಚಲಿಸುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಹಾಗೂ ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಸಮನಾದ ದೂರಗಳವರೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಿ, ಅಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಪುನಃ ಅವು ಒಂದೆಡೆ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಕಲೆಯುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಮಾರ್ಪಡಿಸಿದ್ದೇ ಆದರೆ, ಈ ಎರಡೂ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರದ ವೇಗ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಆ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಲು ಅವಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ಕಾಲವೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಬೇಕು. ಈ ಬದಲಾವಣೆ ಅತ್ಯಲ್ಪವಾದುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಲು, ಮೂಲ ಆಕರದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವಂತೆಯೂ, ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆದಾಗ ಅದು ಸ್ವಲ್ಪ ಕೂಡ ಬದಲಾಯಿಸದಂತೆಯೂ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುವದು ಅವಶ್ಯವಾಗಿದೆ. ಅಲಿಜವಾನ್ ಅವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕದ ಮೆಶಾಚುಸೆಟ್ಸ್ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಮೈಕಲ್ಸನ್ ಹಾಗೂ

ಮಾರ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೇ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಅವರು ಬೇರಾವ ಕಾರಣದಿಂದಲೂ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಬದಲಾಯಿಸದಂತೆ ತಕ್ಕ ಏರ್ಪಾಟುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಂಡರು. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ವಾಹನ ಸಂಚಾರಗಳಿಂದುಂಟಾಗುವ ಉಪಕರಣದ ಕುಲುಕಾಟವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲು, ಅವರು ಅಮೇರಿಕದ ಕೇಪ್‌ಕಾಡ್ ಎಂಬ ನಿರ್ಜನ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಆರಿಸಿಕೊಂಡರು. ಈ ಪ್ರದೇಶದ ಒಂದು ಉಗ್ರಾಣದಲ್ಲಿ ದೃಢವಾದ ಪೀಠದಮೇಲೆ ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನಿರಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಅವರು ಹೀಲಿಯಂ ನಿಯಾನ್ ಲೇಸರಿನಿಂದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. ಈ ಬೆಳಕಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ವಾತಾವರಣ ಪ್ರಶಾಂತವಿದ್ದಾಗ ಒಂದು ಕೋಟಿ ಕೋಟಿ (10^{14}) ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಹತ್ತು ಆವರ್ತನೆಗಳಷ್ಟು ಕೂಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಅದು ತನ್ನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 0.3 ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳಷ್ಟು ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದಿದರೂ ಅದನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಭೂಮಿಯ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನೂ ಉಂಟುಮಾಡಲಾರದೆಂಬ ಸಂಗತಿಯು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಮೈಕಲ್ಸನ್ ಹಾಗೂ ಮಾರ್ಲಿ ಅವರು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಸೆಕಂಡಿಗೆ 10 ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳಷ್ಟು ಬದಲಾವಣೆಯಾದರೂ ಅದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ.

12.2 ರೇಡಾರಿನಲ್ಲಿ

ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಮತ್ತು ಬರಿಗಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗದ ಕಾಯುಗಳ ವೇಗ, ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕು, ಅದರ ಆಕಾರ ಮುಂತಾದ ವಿಷಯುಗಳ ವಿವರಗಳನ್ನು ರೇಡಾರಿನ ಮೂಲಕ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ. ಲೇಸರಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರವಾಗುವ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ, ರೇಡಾರಿನಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಅತಿದೂರದಲ್ಲಿದ್ದ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಮರ್ಥವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಬಲ್ಲದು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರ ಕಡಿಮೆಯಿರುವದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಪಕರಣದ ವಿವಿಕ್ತೀಕರಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ರೇಡಾರಿನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಅದು ತೀರ ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲದು. ಎರಡು ಅಡಿ ಅಗಲವಿರುವ ಪ್ರೇಷಕ ಹಾಗೂ ಗ್ರಾಹಕ ದರ್ಪಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತು 16 ವಾಟ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ರೇಡಾರಿನಿಂದ 100 ಮೈಲು ದೂರದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿ ಅಂದರೆ ಒಂದು ಲಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

12.3 ರೇಡಿಯೊ ಮತ್ತು ಟೆಲಿವಿಷನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ

ರೇಡಿಯೊ ಮತ್ತು ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಪ್ರಸಾರಗಳಿಗೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ಏಕವರ್ಣಕ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳು ಅವಶ್ಯ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿಗೆ ಈ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಲೇಸರನ್ನು ಉಚ್ಚ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಪ್ರೇಷಕವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಲೇಸರ್ ತರಂಗಗಳು ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ವಾಹಕ ತರಂಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವದಕ್ಕೆ ಯೋಗ್ಯತೆಯುಳ್ಳವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಆವರ್ತನಕಾಲುವೆಯ ಹರವು ಸುಮಾರು ನಾಲ್ಕು ಮೆಗಾಸೈಕಲ್ಲುಗಳಷ್ಟಿರುವದರಿಂದ, ಒಂದೊಂದು ಟೆಲಿವಿಷನ್ ನಿಲ್ದಾಣಕ್ಕೂ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟು ಸ್ಥಳವನ್ನು ಮೀಸಲಾಗಿಡುವದು ಆವಶ್ಯಕ. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗ, ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತಿದ್ದರೆ ಆ ತರಂಗಗಳ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೆಳಕಿನಷ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿಲ್ಲದಿರುವದರಿಂದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸುದ್ದಿಕಾಲುವೆಗೂ ಬೇಕಾದ ಈ ಸ್ಥಳವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು. ಆದರೆ 4000°A ದಿಂದ 7000°A ಗಳ ವರೆಗೆ ಹಬ್ಬಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಎಂಟು ಕೋಟಿಯಷ್ಟು ಇಂತಹ ಕಾಲುವೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಈಗ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಮತ್ತು ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಬಳಸಬಹುದಾದ ಎಲ್ಲ ಟೆಲಿವಿಷನ್ ನಿಲ್ದಾಣಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ರೋಹಿತದ ಬೆಳಕಿನ ಕ್ಷೇತ್ರವೊಂದರಲ್ಲಿಯೇ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಅಲ್ಲದೆ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಗದ್ದಲರಹಿತವಾಗಿರುವದರಿಂದ ಸಂಕೇತ ತರಂಗಗಳು ಎಷ್ಟೇ ಕ್ಷೀಣವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡಿ ಸ್ಫುಟವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ.

12.4 ಗ್ರಹಾಂತರ ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧನವಾಗಿ

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ಗ್ರಹದಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಸಂಕೇತರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಳುಹಿಸಬಹುದು. ಹತ್ತು ಸಹಸ್ರ ವಾಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು 200 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿ ಕಳುಹಿಸಿದಾಗ ಅದನ್ನು 10 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ 200 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಮತ್ತು ಅದರ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನೂ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಂತರ್ ಗ್ರಹಗಳ ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿ ಈ ಬೆಳಕನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ಬೆಳಕು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುವದು ಈ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅನುಕೂಲವಾಗಿದೆ.

12.5 ಲೇಸರಿನಿಂದ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆ

ವಿದಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ ಅದೇ ರೀತಿ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಅದನ್ನೂ ಕೂಡ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದರೆ ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಡೆಯಿಸಲು ಅತ್ಯಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ*ದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಈ ಅತ್ಯಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಹೇಗೆ ದೊರಕಿಸಬೇಕೆಂಬುದು ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯೇ ಆಗಿದ್ದಿತು. ಲೇಸರಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರದ ನಂತರ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಪರಿಹಾರ ದೊರಕುವ ಸಂಭವ ಕಂಡುಬರತೊಡಗಿತು. ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ (H^2) ಮತ್ತು ಟ್ರೀಷಿಯಂ (H^3) ಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಉಂಡೆಯನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾದ ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲ ಹಾಗೂ ಕೆಲವೊಂದು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಅದನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಬಲ್ಲ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಸಮ್ಮಿಳನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ದೊರಕಿಸುವದು ಇನ್ನೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ತೊಂದರೆಗಳುಂಟು. ಒಂದನೆಯದಾಗಿ ಹಗುರವಾದ ಇಂಧನವು ಸಾವಕಾಶವಾಗಿ ಉರಿಯುವಂತೆ ಅದನ್ನು ಅತ್ಯಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯವರೆಗೆ ಕಾಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ನಾವು ತರ್ಕಿಸಿದಷ್ಟು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ಒಮ್ಮೆ ಇಂಧನವು ಉರಿಯಲು ಆರಂಭಿಸಿತೆಂದರೆ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಕಾಯ್ದ ಅಯಾನುಗಳು ಬಹಳ ಕಾಲದ ವರೆಗೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಮಾತ್ರ ಆ ಇಂಧನವು ಉರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು ವ್ಯಯಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮೀತು! ಅಯಾನುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಬಂಧಿತವಾಗಿ ಬಹುಕಾಲದ ವರೆಗೆ ಉಳಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು ವಿವಿಧ ವಿನ್ಯಾಸಗಳುಳ್ಳ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯತ್ನಗಳೆಲ್ಲ ವಿಫಲವಾದವು. ಇಂತಹ ತೊಂದರೆಗಳನ್ನೆದುರಿಸಿಯೂ ಕೂಡ ವಿಶ್ವದ ಅನೇಕ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಯಿಸಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹವನ್ನೀಯುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಪರಿಹರಿಸುವಲ್ಲಿ ಲೇಸರಿನ ಪಾತ್ರವೇನೆಂಬುದನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವ ಮೊದಲು ಮೂರು ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ನಾವು ತಿಳಿದಿರಬೇಕು.

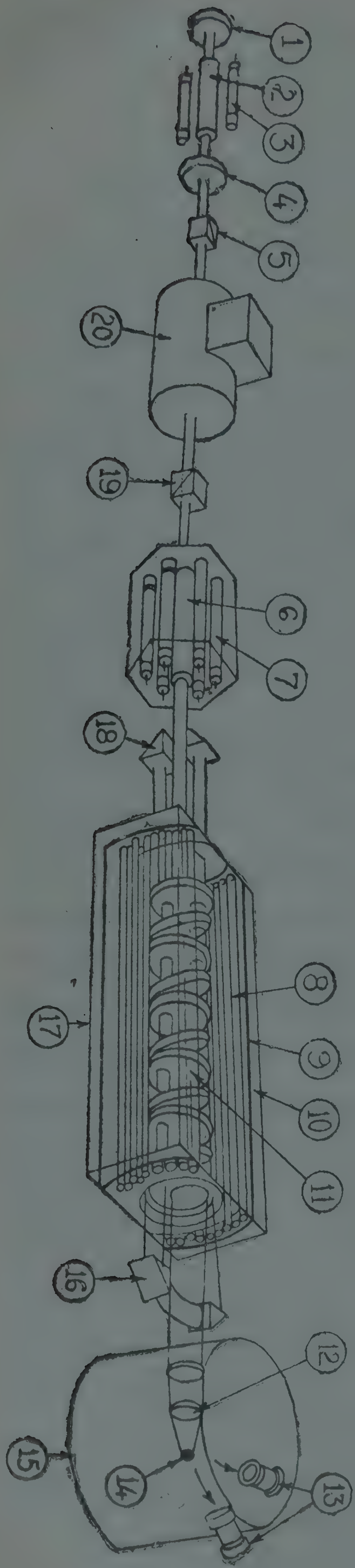
1) ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸುವ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸದ್ಯದ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿ.

* ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ-ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆ ನಡೆದ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ಅಯಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಸಮನಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ.

2) ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರವಾದ ಮಾಧ್ಯಮ (ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣ) ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ಅಂತರ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ಕ್ರಿಯಾ ತಂತ್ರ.

3) ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಡೆಯಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಲೇಸರಿನ ಸ್ವರೂಪ.

1960ರಲ್ಲಿ ಮೈಮಾನನು ರೂಬಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ನಂತರ, ಲೇಸಿಂಗ್ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ಅನೇಕ ಘನ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಯಿತು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದೆಂದರೆ 1961ರಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕನ್ ಆಪ್ಟಿಕಲ್ ಕಂಪನಿಯ ಎಲಿಯಾಸ್ ಸ್ನೀಟ್ಜರ್ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂನ ಮೆರುಗು ಕೊಟ್ಟ ಅಥವಾ ಅದರಲ್ಲಿ ಮುಗಿಸಿದ ಬೇರಿಯಂ ಕ್ರೌನ್ ಗಾಜಿನ ಲೇಸರ್, ಇದನ್ನು ರೂಬಿ ಲೇಸರ್‌ಗಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿರುವ ದೋಷಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಆ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಕೆಲವೊಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮವು ಬಿರಿಯುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಮಾಧ್ಯಮವು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪರಿಮಿತಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಗಾಜು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್‌ಗೆ 10 ಜ್ಯೂಲ್‌ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯಿರುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲದು. ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಲೇಸರ್ ಸ್ಪಂದನೆಯ ಕಾಲಾವಧಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸ್ಪಂದನೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸದ್ಯ ರೂಬಿ ಹಾಗೂ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಗಾಜುಗಳನ್ನು ಲೇಸರ್ ಮಾಧ್ಯಮಗಳಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವ ಮಾಧ್ಯಮದ ಲೇಸರ್‌ಗಳೂ ಕೂಡ ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ತೆನೆಗಳನ್ನು ನೀಡಬಹುದಾದ ಸೂಚನೆ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ದ್ರವ ಲೇಸರ್‌ಗಳು ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವಾಗ ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರ್‌ಗಳ ಹಾಗೆ ಬಿರಿಯುವ ಸಂಭವವೂ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ದುರ್ದೈವದಿಂದ ದ್ರವ ಲೇಸರ್‌ಗಳು ಇನ್ನೂ ಶೈಶವಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು, ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಡೆಯಿಸುವದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ಸದ್ಯದ ತಾಂತ್ರಿಕ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಿಂದ ಘನವಸ್ತು ಲೇಸರ್ ಒಂದು ನ್ಯಾನೋ ಸೆಕೆಂಡಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಸಹಸ್ರ ಜ್ಯೂಲ್‌ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಓಡುವ ಈ ಬೆಳಕು ಕೇವಲ $\frac{1}{100}$ ಡಿಗ್ರಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ವಿಕೇಂದ್ರಿಕೃತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. 6 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ಈ ಬೆಳಕಿನ ದಂಡವು ಒಂದು ಮೈಲು ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಿದಾಗ ಅದರ ವ್ಯಾಸ 18 ಅಂಗುಲಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ (12–1)

1 ಹಿಂಭಾಗದ ಪ್ರತಿಫಲಕ

2 ನಿಯೋಡಿಮಿಯಮ್ ಗಾಜಿನ ಲೇಸರ್ ಸರಳು

3 ಸ್ಫುರಣ ದೀಪಗಳು

4 ಮುಂಭಾಗದ ಪ್ರತಿಫಲಕ

5 ಅಶ್ರಗಗಳು

6 ನಿಯೋಡಿಮಿಯಮ್ ಗಾಜಿನ ಲೇಸರ್ ಸರಳು

7 ಸ್ಫುರಣ ದೀಪಗಳು

8 ಸ್ಫುರಣ ದೀಪಗಳು

9 ದರ್ಪಣ

10 ಶೀತಕಾರಿ ಟ್ಯಾಂಕು

11 ನಿಯೋಡಿಮಿಯಮ್ ಬಿಲ್ಲೆಗಳು

12 ಮಸೂರ

13 ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ದಿಷ್ಟಕಗಳು

14 ಡ್ಯುಟೇರಿಯಮ್ ಉಂಡೆ

15 ನಿರ್ವಾತ ಮಂದಿರ

16 ಅಶ್ರಗಗಳು

17 ಬಿಲ್ಲೆಯ ವರ್ಧಕ

18 ಅಶ್ರಗಗಳು

19 ಅಶ್ರಗಗಳು

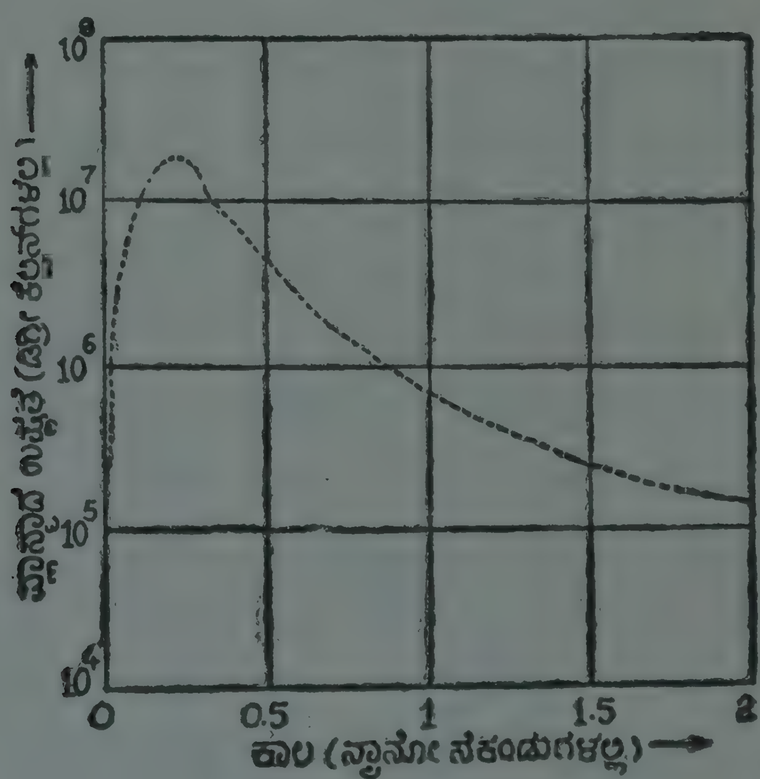
20 ಸ್ಪಂದನೆಯನ್ನು ನೇರ್ಪುಗೊಳಿಸುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆ

ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ನೀಡುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (12-1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಗಾಜಿನ ಲೇಸರ್ ಸರಳುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಮೆರುಗು ಪಡೆದ ಬೇರಿಯಂ ಕ್ರೌನ್ ಗಾಜಿನ ಲೇಸರ್ ಆವರ್ತಜನಕವು ಆರಂಭದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ತೆನೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಈ ತೆನೆಯನ್ನು ವರ್ಧನೆಗೊಳಿಸುವ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶ ದೊಡನೆ ನೇರ್ಪುಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಂದನೆಯನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಅದನ್ನು ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಸರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಅದು ವರ್ಧನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ತರುವಾಯ ಸ್ಪಂದನೆ ಅಥವಾ ತೆನೆಯನ್ನು ಬಿಲ್ಲೆಯ ಪ್ರವರ್ಧಕ (Disc amplifier) ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಿಲ್ಲೆಯ ಪ್ರವರ್ಧಕವು ಸ್ಫುರಣದೀಪ, ದರ್ಪಣ ಹಾಗೂ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಓರೆಯಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಲಾದ ನಿಯೋಡಿಮಿಯಂ ಬಿಲ್ಲೆಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ತೆನೆಯು ಬಿಲ್ಲೆಯ ಪ್ರವರ್ಧಕದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಸಲ ಪುನಃ ಪುನಃ ಹಾಯುವಂತೆ ಅಶ್ರಗಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ ವರ್ಧನೆಗೊಂಡ ಲೇಸರ್ ದಂಡವು ಬಿಲ್ಲೆಯ ವರ್ಧಕದಿಂದ ಹೊರಬಂದಾಗ ಅದರ ವ್ಯಾಸ 15 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಈ ದಂಡವನ್ನು ನಿರ್ವಾತ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿರಿಸಲಾದ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಉಂಡೆಯ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಕಾಯ್ದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವಾಗಲೀ ಇಲ್ಲವೇ ಅಯಾನೀಕೃತ ಅನಿಲವಾಗಲೀ ರೂಪುಗೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ, ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಅದನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವ ಮುಂಚೆಯೇ ಪ್ರತಿ ಚದರು ಸಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 10^{13} ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದಾಗ ಪ್ರತಿ ಚದರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 10^{17} ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅತ್ಯಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಸ್ಥಾನಿಕ ವಿದ್ಯುತ್, ಕ್ಷೇತ್ರವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯು ಪ್ರತಿ ಚದರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 10^{10} ವೋಲ್ಟಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ತೀವ್ರತೆಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವದೂ ಕೂಡ ಕಷ್ಟ. 10^{10} ವೋಲ್ಟ್ ತೀವ್ರತೆಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಿದಾಗ 10^{-8} ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಅದರ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತದೆ.

ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ವಿದಳನೆಯಿಂದ ಪ್ರತಿ ನೂಕ್ಲಿಯಾನಿಗೆ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕಿಂತ, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳ ಸಮ್ಮಿಳನದಿಂದ ಪ್ರತಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಾನಿಗೆ

ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಪರಿಮಾಣವು ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸಮ್ಮಿಳನ ಉಂಟುಮಾಡಲು ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆ ಬೇಕು. ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಟ್ರೀಷಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳ ಸಮ್ಮಿಳನವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸುಮಾರು 10 ಬಿಲಿಯನ್ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಉಷ್ಣತೆ ಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಅವು ಸಮ್ಮಿಳನವಾದರೂ ತೀರ ಸಾವಕಾಶವಾಗಿ ಈ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸೂರ್ಯನ ಅಂತರಾಳದಲ್ಲಿ ಇದೇ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯು ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸೂರ್ಯನ ಬೃಹತ್ ಗಾತ್ರವೇ ಕಾರಣ. ಇದೇ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪರಿಮಿತ ಗಾತ್ರದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದಲ್ಲಿ ನಡೆಯಿಸಬೇಕಾದರೆ 50 ದಶಲಕ್ಷ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಧಾನವೆಂದರೆ, ಮೊದಲು ವಿರಳವಾದ ಹಾಗೂ ತಣ್ಣಗಿನ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬೇಕು. ನಂತರ ಈ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಚಿತ್ರ (12-2) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಪರಿಮಿತ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಬಂಧಿಸಬೇಕು. ತರುವಾಯ ಉಷ್ಣತೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವವರೆಗೆ ಅದನ್ನು ಕಾಯಿಸಬೇಕು. ಈ ಕಾರ್ಯವು ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ (12-2)

ಇಲ್ಲವಾದರೆ ಕಾಯ್ದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಹಾಗೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ನಡುವಿನ ಸಮತೋಲನ ತಪ್ಪಿ ಹೋಗುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ಬಲಗಳ ಹಾಗೂ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇವುಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಕಳೆದ ಹತ್ತುವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಶೋ

ಧನೆಯನ್ನು ನಡೆಯಿಸಲಾಗಿದ್ದರೂ, ಕಾಯ್ದು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಬಹುಕಾಲದವರೆಗೆ ಬಂಧಿಸಬಲ್ಲ ವಿನ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಇನ್ನೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ.

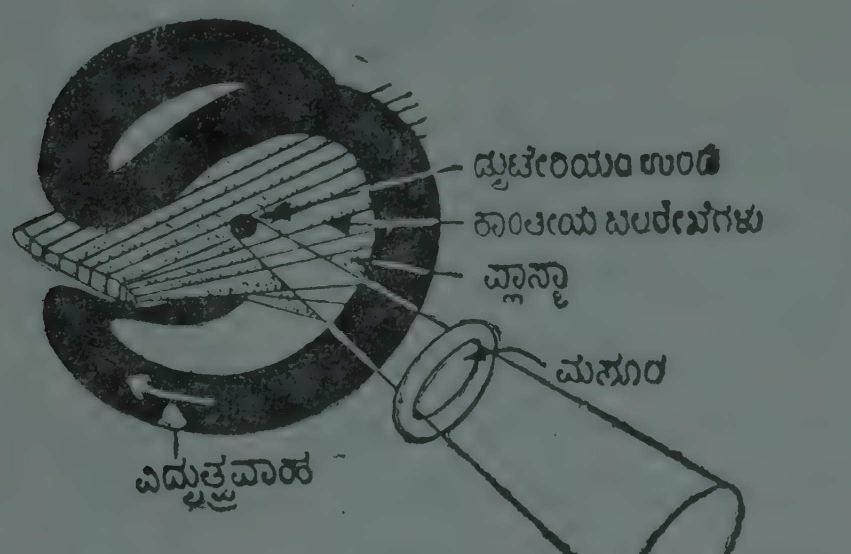
ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರವಾದೊಡನೆ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಬಂಧಿತವಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರಿಸಲಾದ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂನ್ನು ಲೇಸರ್ ದಂಡದಿಂದ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಡೆಯಿಸಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಬಹುದೆ? ಎಂಬ ಸಮಸ್ಯೆ ತಲೆದೋರಿತು. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಪರಿಹಾರ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, ಅಧಿಕ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ವಿಕಿರಣವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಹಾಗೂ ಧನ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಸಾಂದ್ರ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದೊಡನೆ ಯಾವ ರೀತಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಮೊದಲು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ದಂಡದಲ್ಲಿರುವ ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಅಥವಾ ಚದುರಿಸಬಹುದು. ಇಲ್ಲವೆ ಆ ಬೆಳಕು ಪ್ರತಿಫಲನ ಅಥವಾ ವಕ್ರೀಭವನ ಹೊಂದುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಉಂಟು. ಈ ನಾಲ್ಕು ಸಾಧ್ಯತೆಗಳ ಪೈಕಿ ಮೇಲಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಯೇ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಯಾಕಂದರೆ ಸಮ್ಮಿಳನವಾಗಬೇಕಾದ ಇಂಧನವು ಹೀರಿಕೊಂಡ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯು, ಇಂಧನದ ಔಷ್ಣಿಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಘನರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಒಮ್ಮೆ ಕೆಲ ಮುಕ್ತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ರೂಪುಗೊಂಡರೆ ಸಾಕು. ಆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಲೇಸರ್ ದಂಡದಿಂದ ಬಹುಬೇಗ ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದೊಳಗಿರುವ ಅಯಾನುಗಳೊಂದಿಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳೊಂದಿಗೆ ನಡೆಯುವ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ದೀರ್ಘ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಅಂತರ್ ಕ್ರಿಯೆ (Long range attractive interaction) ಯೆಂದೆನ್ನುವರು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ತಾವು ಪಡೆದುಕೊಂಡ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಯಾನುಗಳಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಭಾರವಾದ ಅಯಾನುಗಳ ಮೇಲೆಯೂ ಕೂಡ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಪರಿಣಾಮವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್‌ದಂಡದಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಕಾಯಿಸುವ ಕಾರ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ಶಕ್ತಿಯ ವರ್ಗಾವಣೆಯು ತೀರ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅಯಾನುಗಳು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟನೆಯ ಶೋಷಣೆ (Collisional absorption) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ಅಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದು ತನ್ನ ಮೇಲೆರಗಿದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲದು. ಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ ಲೇಸರ್ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ

ಕೆಲವೊಂದು ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ನಷ್ಟವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ತನ್ನ ಮೇಲೆರಗಿದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಶೋಷಿಸಿಕೊಳ್ಳ ಬೇಕು. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ದಪ್ಪಳತೆಯು 0.005 ಅಂಗುಲವಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ, ಅದು ತನ್ನ ಮೇಲೆರಗಿದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲದು. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ, ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಡೆಸಬಲ್ಲ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ವಿಶ್ವ ದಾದ್ಯಂತ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಡೆದವು. ಅಮೇರಿಕದ ಯುನೈಟೆಡ್ ಏರ್ ಕ್ರಾಫ್ಟ್ ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡದವರು, ಅಲೆನ್. ಎಫ್. ಹಾಟ್ ಅವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಯಿಸಿ, ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿನ್ಯಾಸಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಉಂಡೆಯನ್ನು ಕಾಯಿಸಿ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಹಿಡಿದಿಡಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. ಈ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಉಷ್ಣತೆ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಡೆಯಿಸಂ ವಷ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅದನ್ನು (ಉಷ್ಣತೆ) ಬೇರೆ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿಸಲಂ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ನೇರವಾಗಿ ಭಾಗವಹಿಸದೆ ಕೇವಲ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವ ಬಗೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (12-2) ರ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಕೊಳವೆಯ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ ಯಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು (Energy density) ಕೇಂದ್ರ ದಲ್ಲಿ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದು, ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ದೂರ ಸರಿದಂತೆ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಈ ರೀತಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವದ ರಿಂದ ಅಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಗುಳಿ (Magnetic well) ನಿರ್ಮಾಣಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಗುಳಿಯಲ್ಲಿ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಉಂಡೆಯನ್ನಿಟ್ಟು ಲೇಸರ್ ದಂಡದಿಂದ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಬಂಧಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು 1968 ರಲ್ಲಿ ರೊಷೆಸ್ಟರ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಡೆಯಿಸಿದರು ಮತ್ತು ಅವರು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಬಂಧಿತವಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು 10 ಮಿಲಿಯನ್ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೇರಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು ಮತ್ತು ಆಗ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಸಾಂದ್ರತೆ ಪ್ರತಿ ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 10^{18} ಅಯಾನುಗಳಷ್ಟಿದ್ದಿತು.

ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಬಂಧಿಸದೆ, ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಲೇಸರ್ ದಂಡದಿಂದ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭವಾಗುವಷ್ಟು ಉಷ್ಣತೆಯವರೆಗೆ ಕಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ? ಎಂಬ ವಿಚಾರವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಲೆಯಲ್ಲಿ ಸುಳಿಯತೊಡಗಿತು. ಈ ದಿಸೆಯಲ್ಲಿ

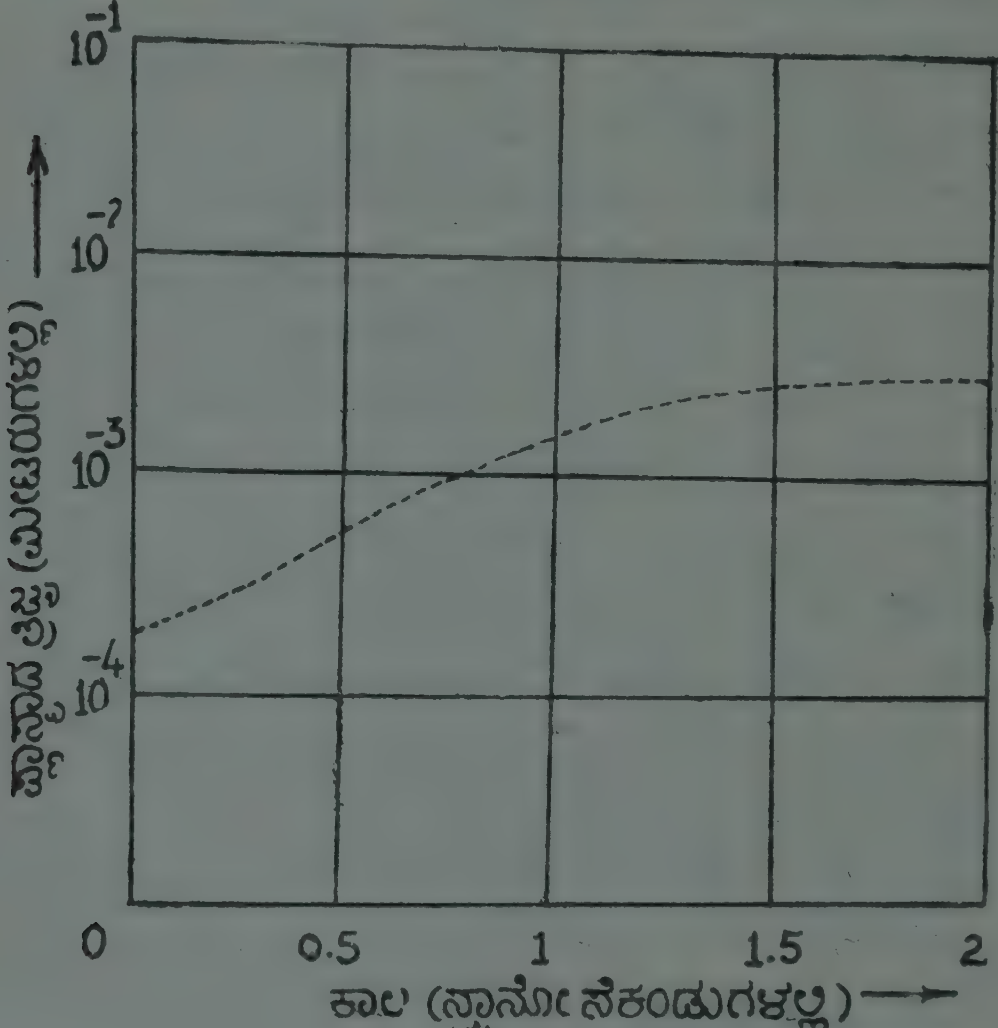
ಸಂಶೋಧನೆ ಆರಂಭವಾಯಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ-ಟ್ರೀಷಿಯಂ ಮಿಶ್ರಣದ ಉಂಡೆಯ ಮೇಲೆ ಮೊದಲು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆಗ ಉಂಡೆಯು ಆವಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಈ ಆವಿಯನ್ನು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಲೇಸರ್ ದಂಡದಿಂದ ಕಾಯಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಯಾವುದೇ ಬಾಹ್ಯ ಬಲದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿರುವದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಅದು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಯಲಾರದು. ಉಷ್ಣತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅದು ಪ್ರಸರಣವಾಗುವದರೊಂದಿಗೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನೂ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಕಾಲದನಂತರ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಬಹಳಷ್ಟು ಪ್ರಸರಣಹೊಂದಿ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವಿರಳವಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಲು ಅಸಮರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಈ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮುಟ್ಟಲು ಕೆಲವೊಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅವಧಿ ಬೇಕಷ್ಟೆ. ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಯನ್ನು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಕಾಯಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ. ಅದು 10^{-10} ಸೆಕಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತಲುಪುತ್ತದೆ. (ಕಾಲದೊಡನೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಉಷ್ಣತೆ ಹಾಗೂ ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಹೆಚ್ಚಳವನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಚಿತ್ರ (12-3) ಹಾಗೂ (12-4)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ). ಆದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಅಯಾನಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವರ್ಗಾಯಿಸಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಅವಧಿ ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಕಡಿಮೆ. ಅಂದರೆ ಕೇವಲ 10^{-11} ಸೆಕಂಡುಗಳಷ್ಟು. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಲು,



ಚಿತ್ರ (12-3)

ಅಸಮರ್ಥವಾದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತಲುಪುವದರೊಳಗಾಗಿಯೇ, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನುಪಡೆದುಕೊಂಡು ಅಯಾನಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಿ ಬಿಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಔಷ್ಣಿಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟು ನಂತರ ಸಮ್ಮಿಳನ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮ್ಮಿಳನ ಶಕ್ತಿಯು, ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯಾಉತ್ಪನ್ನ, ವಿಕಿರಣ ನಷ್ಟ ಮತ್ತು ಪ್ರಸರಣಶಕ್ತಿ ಈ ಮೂರು ಭಾಗ

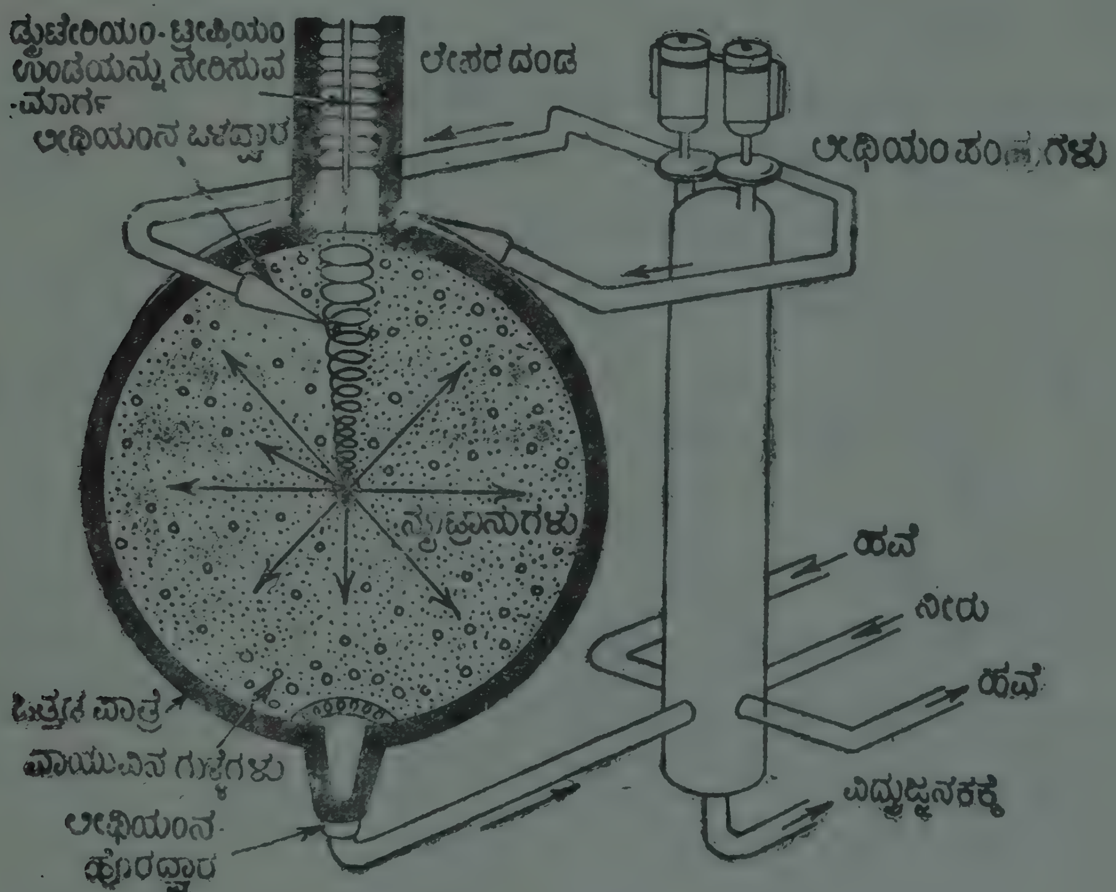


ಚಿತ್ರ (12-4)

ಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿದು ಹಂಚಿ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಸಮ್ಮಿಳನ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಸರಣ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯಯವಾಗುವದನ್ನು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ನಿರ್ಬಂಧಿಸುವ ಮೂಲಕ ತಡೆಗಟ್ಟಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿ ಚದರು ಅಂಗುಲದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕೋಟಿ ಪೌಂಡುಗಳಷ್ಟು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹಾಕಬಲ್ಲ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಬೇಕು. ಆದರೆ ಇಷ್ಟು ಪ್ರಬಲವಾದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಣವಿನ್ನೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವದಿಲ್ಲ. ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಭ್ಯಸಿಸಲಾಗುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಹೇಳಿದೆ. ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ-ಟ್ರೀಷಿಯಂ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ಮಾಸ್ಕೋದ ಲಿಬಿದೇವ್ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಬಾಸೋವ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಗುರುತಿಸಿದನು. ಈ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿ 14.1 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು. ನಂತರ ಅಮೇರಿಕ, ಫ್ರಾನ್ಸ್ ಮುಂತಾದ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿಯ

ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಆಳವಾದ ಅಭ್ಯಾಸ ನಡೆದಿರುತ್ತದೆ.

ಡುಟೇರಿಯಂ-ಟ್ರೀಷಿಯಂ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಲೇಸರ್ ದಂಡದಿಂದ ತಾಡಿಸಿ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ, ದೊರೆತ ಸಮ್ಮಿಳನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಲ್ಲ ಕ್ರಿಯಾಗಾರವನ್ನು 1969ರಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕದ ಓಕ್‌ರಿಜ್ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಟ್ಟಲಾಯಿತು. ಈ ಕ್ರಿಯಾಗಾರದ ರಚನೆಯ ಸ್ಥೂಲ ಚಿತ್ರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ (12-5) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. 10ರಿಂದ 15 ಅಡಿ ವ್ಯಾಸದ



ಚಿತ್ರ (12-5)

ಸಿಲಿಂಡರಾಕಾರದ ಇಲ್ಲವೆ ಗೋಲಾಕಾರದ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ ಲೀಥಿಯಂನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಅಧಿಕ ಒತ್ತಡವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಲೀಥಿಯಂ ನಲ್ಲಿ ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ-ಟ್ರೀಷಿಯಂ ಉಂಡೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಅದನ್ನು ಲೇಸರ್ ದಂಡದಿಂದ ತಾಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಪ್ರಪಾತವೇ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಹೇಳಿದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಲೀಥಿಯಂ ಹೀರಿ ಕೊಂಡಾಗ ಅದರ ಉಷ್ಣತೆ ಸುಮಾರು 1030° ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್‌ಗಳಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ತಪ್ತವಾದ ಲೀಥಿಯಂನ್ನು ಬೇರೊಂದು ಪಾತ್ರೆಗೆ ಸಾಗಿಸಿ ಅದರ ಉಷ್ಣತೆಯಿಂದ ನೀರನ್ನು ಕಾಯಿಸಿ

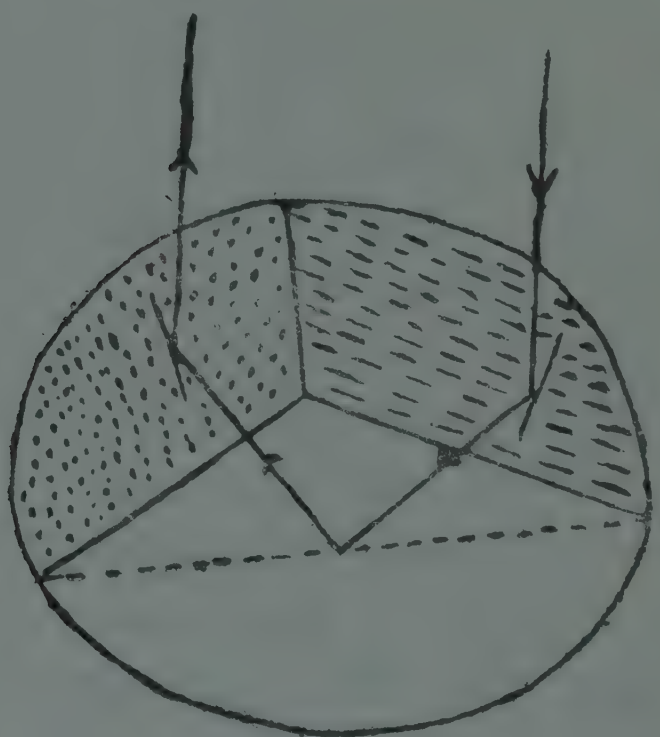
ಆವಿಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆವಿಯ ಕೊಳವೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕಕ್ಕೆ ಜೋಡಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. 1000 ಮೆಗಾವಾಟ್ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಲ್ಲ ಈ ಬಗೆಯ ಕ್ರಿಯಾಗಾರಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ.

12.6 ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವಲ್ಲಿ

ಭೂಮಿಯಿಂದ ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಲು ಸುಮಾರು ಎರಡು ಸಹಸ್ರ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಅನೇಕ ಯತ್ನಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ಕ್ರಿ. ಶ. ಪೂ. 3ನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಅರಿಸ್ಟಾರ್ಕಸ್ ಎಂಬಾತನು ಚಂದ್ರಗ್ರಹಣಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲಿಂದ ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಿದನು. ಇದು ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಕೈಕೊಂಡ ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯತ್ನವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಅರಿಸ್ಟಾರ್ಕಸ್‌ನು ಚಂದ್ರನು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಭೂ ವ್ಯಾಸದ ಹತ್ತರಷ್ಟು ಅಂದರೆ 80,000 ಮೈಲು ದೂರದಲ್ಲಿರುವನೆಂದು ಸಾರಿದನು. ಈ ದೂರವು ನಿಜವಾದ ದೂರಕ್ಕಿಂತಲೂ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಒಂದು ಶತಮಾನದ ಬಳಿಕ ಹಿಪಾರ್ಕಸ್ ಎಂಬಾತನು, ಚಂದ್ರನು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಭೂ ವ್ಯಾಸದ 59 ಪಟ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದಾನೆಂದು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿದನು. ಇದು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಸರಿಯಾದ ಫಲಿತಾಂಶವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಇತ್ತೀಚಿನ ಸುಧಾರಿತ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾದ ಚಂದ್ರನ ದೂರವು ಭೂ ವ್ಯಾಸದ 63.3 ಪಟ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಹದಿನೇಳನೆಯ ಶತಮಾನದ ವರೆಗೆ ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನಳೆಯುವಲ್ಲಿ ಯಾವ ಗಮನಾರ್ಹ ಯತ್ನಗಳೂ ನಡೆಯಲಿಲ್ಲ. 17ನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್ನನು ತನ್ನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಅದರ ಆಧಾರದ ಮೇಲಿಂದ ಚಂದ್ರನ ಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದನು. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಅದನ್ನು ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, "I compared the force requisite to keep the moon in her orb with the force of gravity at the surface of the earth, and found them answer pretty nearly". ನಂತರದ ಎರಡು ಶತಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಖಗೋಲ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ದ್ಯುತಿ ಸ್ಥಾನಾಭಾಸ (Parallax) ವಿಧಾನವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಚಂದ್ರ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯನ್ನು ಕೇವಲ ಎರಡು ಮೈಲುಗಳಿಗಿಳಿಸಿದರು. 1957 ರಲ್ಲಿ ಚಂದ್ರನ ಮೈಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ರೇಡಾರ್ ತಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಯಿತು. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾದ ಚಂದ್ರನ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ $\pm$ 0.7 ಮೈಲುಗಳಷ್ಟು ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯಿದ್ದಿತು. ಅಲ್ಲದೆ ಅವರು ರೇಡಾರ್ ತಂತ್ರದಿಂದ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಗುಣವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದರು. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಚಂದ್ರನ

ದೂರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ವಿಧಾನಗಳಿಗಿಂತ ಈ ವಿಧಾನವು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನು 6 ಅಂಗುಲಗಳ ವರೆಗಿನ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಮೆಸ್ಯಾಚುಸೆಟ್ಸ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡವೊಂದು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ಚಂದ್ರನೆಡೆಗೆ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತವನ್ನು 12 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ಕಳುಹಿಸಿತು. ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು 48 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ಗ್ರಹಿಸಿದರು. ಇದೇ ಬಗೆಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು 1964 ರಲ್ಲಿ ರಶಿಯನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಡೆಯಿಸಿದರು. ಅವರು ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಚಂದ್ರನೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸುವ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದವುಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ಈ ಎರಡೂ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ 104 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ಒಂದೇ ಒಂದು ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರು. ಅದೇ ರಶಿಯನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡವು 1955ರಲ್ಲಿ 50 ನ್ಯಾನೋ ಸೆಕೆಂಡ್ ಉದ್ದವಿರುವ Q-ಸ್ವಿಚಿಂಗ್ ರೂಬಿ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಚಂದ್ರನೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಿತು. ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಅದೇ 104 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ಗ್ರಹಿಸಿಕೊಂಡರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಅವರು 600 ಅಡಿಗಳಷ್ಟು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಒಂದೆರಡು ದೋಷಗಳು ಕಂಡು ಬಂದವು. ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಕನ್ನಡಿಯಂತೆ ಸಮತಟ್ಟಾಗಿರದೆ ಉಬ್ಬು ತಗ್ಗುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದುದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ. ಇಂತಹ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿದ ಕಿರಣಗಳು ವಿವಿಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಚದುರಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಚಂದ್ರನೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತಗಳು ಎಷ್ಟೇ ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿದ್ದರೂ ಚಂದ್ರನ ಅನಿಯಮಿತ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಭೂಮಿಗೆ ಬಂದಾಗ ಅವು ಬಹಳ ಕ್ಷೀಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ಷೀಣ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ಬಹಳ ಕಷ್ಟ ಪಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತೊಂದರೆಯನ್ನು ನಿವಾರಿಸಬೇಕಾದರೆ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ದರ್ಪಣದಂತಹ ಒಂದು ಕೃತ್ರಿಮ ಪ್ರತಿಫಲಕವನ್ನಿರಿಸಬೇಕು. ಈ ಪ್ರತಿಫಲಕದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತಗಳು ಚಂದ್ರನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದ ಸಂಕೇತಗಳಿಗಿಂತ ಎಷ್ಟೋ ಪಾಲು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಈ ಉದ್ದೇಶವು ಕೈಗೂಡಬೇಕಾದರೆ ಅವರು ನಾಲ್ಕು ವರ್ಷ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು. 1969 ರ ಜುಲೈ 20 ರಂದು ನೀಲ್ ಆರ್ಮ್‌ಸ್ಟ್ರಾಂಗ್ ಮತ್ತು ಎಡ್ವಿನ್ ಆಲ್ಡ್ರಿನ್ ಅವರು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲಿಳಿದ ವಿಷಯ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲರ ಅರಿವಿನದು. ಅವರ ಸಂಗಡ ರಿಟ್ರೊ ರಿಫ್ಲೆಕ್ಟರ್ ಎಂಬ ಕೃತ್ರಿಮ ಪ್ರತಿಫಲಕವನ್ನು ಕಳುಹಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆಲ್ಡ್ರಿನ್ ಚಂದ್ರನೌಕೆಯಿಂದ ಇಳಿದು ಈ ಪ್ರತಿಫಲಕವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ 60 ಅಡಿ ದೂರ ನಡೆದು ಹೋದನು. ಆರ್ಮ್‌ಸ್ಟ್ರಾಂಗ್‌ನು ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಚಂದ್ರನವರೆಗೆ ಎಳೆದ ಕೃತ್ರಿಮ ರೇಖೆಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ

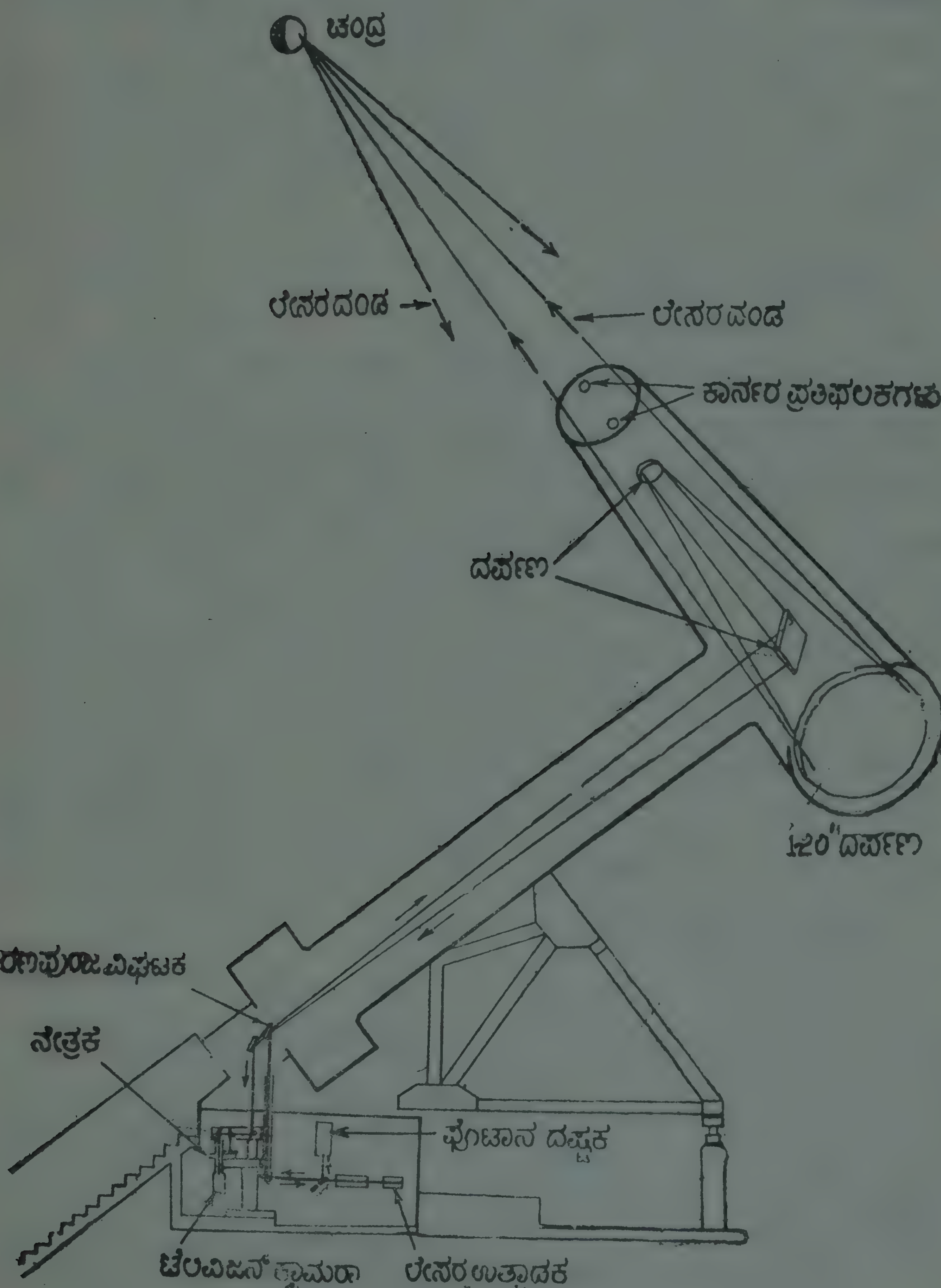
ರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಇಡೀ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಂದ್ರನ ನೆಲದಲ್ಲಿ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಕೂಡಿಸಿದನು. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ತಗಲಿದ ಅವಧಿ ಐದು ನಿಮಿಷಗಳು ಮಾತ್ರ. ಅಂದು ಈ ಚಂದ್ರಯಾನಿಗಳಿಬ್ಬರ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಜಗತ್ತಿನಾದ್ಯಂತ ಲಕ್ಷಾವಧಿ ಜನರು ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ಈ ಚಂದ್ರಯಾನಿಗಳು ರಿಟ್ರೊ ರಿಫ್ಲೆಕ್ಟರನ್ನು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಅಳವಡಿಸುವದನ್ನೇ ಕಾಯುತ್ತಿದ್ದ ಅನೇಕ ವೇಧಶಾಲೆಗಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅದರೆಡೆಗೆ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿದರು. ಈ ಸಂಕೇತಗಳು ಚಂದ್ರನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದ ಸಂಕೇತಗಳಿಗಿಂತ ಸುಮಾರು 100 ಪಟ್ಟು ತೀಕ್ಷ್ಣವಾಗಿದ್ದವು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿವರವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿಯಾದರೂ ರಿಟ್ರೊ ರಿಫ್ಲೆಕ್ಟರಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿದಿರುವುದು ಅವಶ್ಯ. ರಿಟ್ರೊ ರಿಫ್ಲೆಕ್ಟರಿನಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಕಾರ್ನರ್ ಕ್ಯೂಬಗಳಿದ್ದು ಇವು ತಮ್ಮ ಮೇಲೆರಗುವ ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನೇ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತವೆ. ಲೇಸರ್ ದಂಡವು ಕಾರ್ನರ್ ಕ್ಯೂಬದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು, ಚಿತ್ರ (12–6) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಮೂರು ಸಲ ಪ್ರತಿ



ಚಿತ್ರ (12–6)

ಫಲನಗೊಂಡು ಪತನ ಕಿರಣದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಸಮಾಂತರ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಚಂದ್ರನ ಮೇಲಿರಿಸಿದ ರಿಟ್ರೊ ರಿಫ್ಲೆಕ್ಟರಿನಲ್ಲಿ 18 ಚದುರು ಅಂಗುಲ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಫಲಕದಲ್ಲಿ 100 ಕಾರ್ನರ್ ಕ್ಯೂಬಗಳನ್ನು ಕೂಡ್ರಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಾರ್ನರ್ ಕ್ಯೂಬಿನ ವ್ಯಾಸವು 1.5 ಅಂಗುಲಗಳಷ್ಟು.

ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವದಕ್ಕಾಗಿ ಅಮೇರಿಕದಲ್ಲಿ ಕೆಲ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಕಲೆತರು. ಈ ತಂಡವನ್ನು ಲ್ಯೂರ್ ತಂಡವೆಂದು (LURE – Lunar Ranging Experiment) ಕರೆಯಲಾಯಿತು. ಈ ತಂಡದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಿಂದ, ವೇಧಶಾಲೆಗಳಿಂದ ಬಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿದ್ದರು. ಈ ತಂಡವು ಟೆಕ್ಸಾಸಿನ ಮ್ಯಾಕ್‌ಡೊನಾಲ್ಡ್ ವೇಧಶಾಲೆಯ 107



ಚಿತ್ರ (12–7)

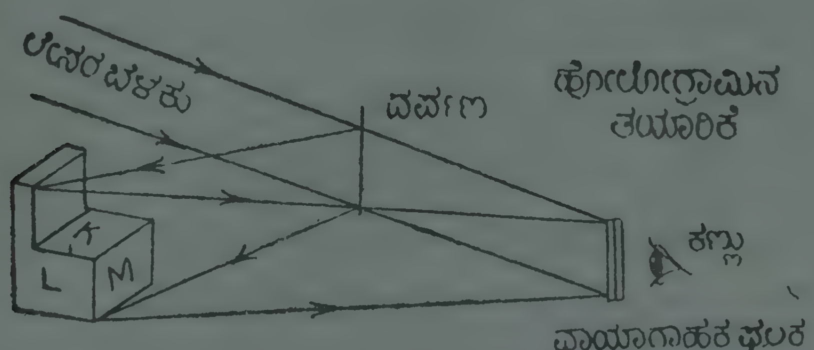
ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿತು. ರಿಟ್ರೊ ರಿಫ್ಲೆಕ್ಟರಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ವೆಸ್ಲಿಯನ್ ವಿಶ್ವ ವಿದ್ಯಾಲಯ, ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಮತ್ತು ಗೋಡಾರ್ಡ್ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಯಾನ ಕೇಂದ್ರದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಗ್ರಹಿಸಿದರು. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಅವರು ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿ ಯಾದಲ್ಲಿಯ ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟನ್ ಪರ್ವತದ ಮೇಲಿನ ಲಿಕ್ ವೇಧಶಾಲೆಯ 120 ಅಂಗುಲ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. ನಂತರ ಅಮೇರಿಕದ ಅನೇಕ ವೇಧಶಾಲೆ ಗಳಲ್ಲಿಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹಾಗೂ ರಷ್ಯದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಯಿಸಿ ಚಂದ್ರನ ದೂರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿ ಯಾದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವಿವರಿಸಬಲ್ಲ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ (12-7) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

12.7 ಛಾಯಾಗ್ರಹಣದಲ್ಲಿ

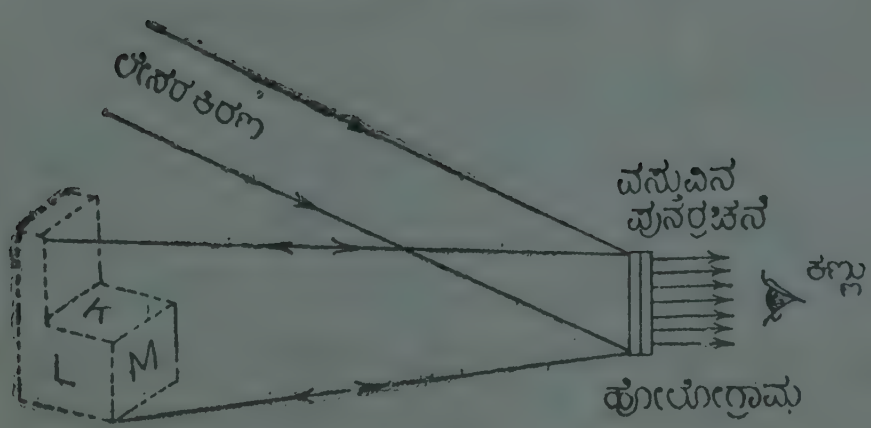
ಶುಭ್ರ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ಏಳು ವರ್ಣಗಳು ಬೆರೆತಿರುವದರಿಂದ ಮಸೂರ ಅಥವಾ ಅಶ್ರಗದಲ್ಲಿ, ಅದು ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವಾಗ ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ಘಟಕಗಳು ವಿವಿಧ ಪರಿ ಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಭವನ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ವರ್ಣ ವಿಪಥನ ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಛಾಯಾಗ್ರಹಣದಲ್ಲಿ ವರ್ಣವಿಪಥನವೊಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳು ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಮೂಡುತ್ತವೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಈ ದೋಷವನ್ನು ನಿವಾರಿಸಬಹುದಾಗಿದೆಯಲ್ಲದೆ, ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಖರವಾಗಿರುವದರಿಂದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಬಹಳ ಹೊತ್ತಿನವರೆಗೆ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕಕ್ಕೆ ಒಡ್ಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಎಷ್ಟು ತೀವ್ರವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿಯುತ್ತದೆಂದರೆ, ಪ್ರತಿ ಸೆಕಂಡಿಗೆ 20,000 ಸೆಂಟಿ ಮೀಟರ್ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಬಂದೂಕಿನ ಗುಂಡಿನ ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ವನ್ನು ತೆಗೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಶುಭ್ರ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಸೆರೆಹಿಡಿದ ಚಿತ್ರಕ್ಕೆ ಉದ್ದಗಲಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಆಳವನ್ನು ಮೂಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವದಿಲ್ಲ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ವಸ್ತುವನ್ನು ಯಥಾವತ್ತಾಗಿ ಅಂದರೆ ಉದ್ದ, ಅಗಲ ಮತ್ತು ಆಳ ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಚಿತ್ರೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇಂತಹ ಚಿತ್ರವನ್ನು ತ್ರಿ ಆಯಾಮ (Three dimensional) ಚಿತ್ರವೆಂದೂ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಮೂಡಿಸುವ ಕಲೆಯನ್ನು ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿ (Holography) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಮಸೂರವಿರುವದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಮಸೂರರಹಿತ ಛಾಯಾಗ್ರಹಣ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಚಿತ್ರ (12-8) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಪುಂಜದ ಒಂದು ಭಾಗವು ನೇರವಾಗಿ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕದ ಮೇಲೆರಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಆದರ್ಶ ಬೆಳಕು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಕಿರಣಪುಂಜದ ಇನ್ನೊಂದು ಭಾಗವು ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕದ ಮೇಲೆರಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಆದರ್ಶ ಬೆಳಕಿನ ಹಾಗೂ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ಸಮೂಹಗಳು ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಸೇರಿ ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿನ್ಯಾಸ (Interference pattern) ವೆಂದೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ವ್ಯತಿಕರಣವಾದಾಗ ಅದರ ವಿನ್ಯಾಸ ದೊರೆಯಲು ಬೆಳಕಿಗೆ ಸಂಸಕ್ತತೆ ಇರಲೇಬೇಕು. ಆದರೆ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ರೂಪುಗೊಂಡ ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಯಾವದೊಂದು ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯಿರದೆ ಅನೇಕ ಚುಕ್ಕಿ ಸುರಳಿಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಂತಹ, ಕಲಸುಮೇಲೋಗರವಾದ ಒಂದು ಚಿತ್ರವಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ನೆಗೆಟಿವ್ (Negative) ನ್ನು ನೋಡಿ ವಸ್ತುವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಂತೆ ಈ ಫಲಕವನ್ನು ನೋಡಿ ಅಲ್ಲಿ ಮೂಡಿದ ಚಿತ್ರವು ಯಾವ ವಸ್ತುವಿನದೆಂದು ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಫಲಕವನ್ನು ಹೋಲೋಗ್ರಾಮ್ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನು ಪುನಃ ಸೂಕ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ಚಿತ್ರ (12-9) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಬೆಳಗಿಸಿದರೆ ಆಗ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ನಾವು ಅದನ್ನು



ಚಿತ್ರ (12–8)



ಚಿತ್ರ (12–9)

ಹಿಂದೆ ನೋಡಿದಂತೆಯೇ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿಗಿರುವ ಅಸಾಧಾರಣ ಸಂಸಕ್ತತೆಯನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ವಸ್ತುವು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಕಳಿಸುವ ತರಂಗ ಗಳನ್ನು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ, ಧ್ವನಿ ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಶಬ್ದದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದಿಡುವಂತೆ ಹಿಡಿದಿಡಬಹುದೆಂದು ಮತ್ತು ಆ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪುನರ್ರಚಿಸಿ ವಸ್ತುವಿನ ಯಥಾವತ್ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

ಈಗಾಗಲೇ ಹೇಳಿದಂತೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಹೋಲೋಗ್ರಾಮನ್ನು ನೋಡಿ ದಾಗ ಅದು ಚಿತ್ರೀಕೃತ ವಸ್ತುವಿನ ಬಗ್ಗೆ ಏನನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುವದಿಲ್ಲ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಸಂಸ್ಕರಿಸುವಾಗ (develop) ನೆಗೆಟಿವ್ ಮೊದಲು ದೊರೆಯು ತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿಯ ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಬಿಳಿ ಭಾಗಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಬಿಳಿ ಹಾಗೂ ಕಪ್ಪು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಪಾಸಿಟಿವ್‌ದ ಮೇಲೆ ಮುದ್ರಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಹೋಲೋ ಗ್ರಾಮಿನ ನೆಗೆಟಿವ್ ಮತ್ತು ಪಾಸಿಟಿವ್ ಎರಡನ್ನೂ ಬೆಳಗಿಸಿದಾಗ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮೂಡಿಸುತ್ತವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಹೋಲೋಗ್ರಾಮಿಗಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಅನುಕೂಲತೆಯೆಂದರೆ, ಹೋಲೋಗ್ರಾಮಿನ ಒಂದು ತುಂಡಿನಿಂದಲೇ ವಸ್ತುವಿನ ಪೂರ್ಣ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಆ ತುಂಡು ಚಿಕ್ಕದಾದಂತೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಸ್ಪಷ್ಟತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಈ ವಿಧವಾಗಿ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಹಿಡಿದಿಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬ್ರಿಟನ್ನಿನ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಡಾ. ಡೆನಿಸ್ ಗೇಬರ್ ಅವರು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದರು. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಅವರಿಗೆ 1971 ರಲ್ಲಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕಾಗಿ ಮೀಸಲಾಗಿರಿಸಿದ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವೂ ದೊರಕಿತು. ತ್ರಿ ಆಯಾಮ ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಮತ್ತು ಚಲನಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯ ಉಪಯೋಗ ಇಂದಲ್ಲ ನಾಳೆಯಾದರೂ ಆಗುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಟೆಲಿವಿಷನ್ ದೃಶ್ಯಗಳು ರೇಖೆಗಳಿಂದುಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ರೇಖೆಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ ಹೆಚ್ಚಿಗಿರುತ್ತದೆ. ಎಂಟು ಅಂಗುಲ ಉದ್ದ ಹಾಗೂ ಎಂಟು ಅಂಗುಲ ಅಗಲವಿರುವ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಅತೀ ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ 500 ರೇಖೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇಷ್ಟೇ ಅಳತೆಯ ಹೋಲೋ ಗ್ರಾಮಿನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 3 ಲಕ್ಷಕ್ಕೂ ಮಿಕ್ಕಿ ರೇಖೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಟೆಲಿವಿಷನ್ ನಲ್ಲಿ ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯ ಉಪಯೋಗವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಟೆಲಿವಿಷನ್ ರೇಖೆಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರವನ್ನು ಬಹಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬೇಕು ಇಲ್ಲವೆ ಹೋಲೋಗ್ರಾಮಿನ ವಿಷಯ ಗ್ರಹಣ ವೈಶಾಲ್ಯತೆಯನ್ನು ತಗ್ಗಿಸಬೇಕು. ಚಲನಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಹೋಲೋ ಗ್ರಾಫಿ ತತ್ವವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಪರದೆಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬೇಕು. ಈ ಪರದೆಗಳನ್ನು ಚಿಕ್ಕ ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದರೆ ಸಾರ್ವಜನಿಕ ಪ್ರದರ್ಶನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಬೃಹತ್ ಗಾತ್ರದ ಪರದೆಗಳ ತಯಾರಿಕೆ

ತುಂಬ ವೆಚ್ಚದಾಯಕವಾಗಿದೆ. ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯ ಉಪಯೋಗ ಕೇವಲ ತ್ರಿ ಆಯಾಮ ಚಿತ್ರಕ್ಕಷ್ಟೇ ಮೀಸಲಾಗಿಲ್ಲ. ಈ ತತ್ವವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಒಂದೇ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ನೂರಾರು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿದು ಕೂಡಿಡಬಹುದು. ಕಲಕಿದ ಅನಿಲ ಮಾಧ್ಯಮಗಳ ಮೂಲಕ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ನೋಡಬಹುದು. ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿಯೇ ಇರದ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ದೃಶ್ಯಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

1942 ರಲ್ಲಿಯೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೋಲೋಗ್ರಾಫಿಯ ವಿಷಯವನ್ನು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದರು. ಆದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಅಸಾಧಾರಣ ಸಂಸಕ್ತತೆಯುಳ್ಳ ಬೆಳಕು ಅವರಿಗೆ ದೊರೆಯದ ಕಾರಣ, ಅದನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸುವದು ಸುಮಾರು 30 ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಅಂದರೆ ಲೇಸರಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರವಾಗುವವರೆಗೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ.

12.8 ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಮುದ್ರಣ

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ನಡೆಯಿಸಲಾಗುವ ಒಂದು ನವೀನ ರೀತಿಯ ಮುದ್ರಣ ವಿಧಾನದ ಸ್ವಾಮ್ಯ ಪತ್ರವನ್ನು 1969 ರಲ್ಲಿ ಆರ್.ಸಿ.ಎ. (Radio Corporation of America) ದವರು ಪಡೆದುಕೊಂಡರು. ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ನಿನ ಡೆವಿಡ್ ಸಾರ್ನೊಫ್ ಸಂಶೋಧನಾ ಕೇಂದ್ರದ ಡಾ. ಕೆನ್ನೆಥ್ ಹೆಚ್. ಫಿಶ್‌ಬೆಕ್ ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದರು. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ಮುದ್ರಿಸಬೇಕಾದ ಪುಟದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಪಾರದರ್ಶಕ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಸೆರೆಹಿಡಿಯುತ್ತಾರೆ. ನಂತರ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ಈ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಹೋಲೋಗ್ರಾಮಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಒಂದು ಪುಸ್ತಕದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪುಟಕ್ಕೂ ಒಂದೊಂದು ಹೋಲೋಗ್ರಾಮಿನ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ತರುವಾಯ ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಚೂರ್ಣರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದ ಮಸಿಯನ್ನು (Powdered Ink) ಉದುರಿಸಬೇಕು. ಈ ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಹೋಲೋಗ್ರಾಮಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿದ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಬೀಳುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಮಸಿಯು ಕರಗಿ ಮೂಲ ಪುಟದ ಬಿಂಬವನ್ನು ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಮೂಡಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಅದಕ್ಕೆ ಲೇಸರ್‌ಫಾಕ್ಸ್ (Laserfax) ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಪುನರ್‌ಮುದ್ರಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇದರ ಸ್ವಾಮ್ಯ ಪತ್ರವನ್ನು ಕೊಂಡುಕೊಂಡ ಆರ್.ಸಿ.ಎ. ದವರು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಜನಪ್ರಿಯಗೊಳಿಸುವ ವಿಷಯವಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಏನನ್ನೂ ಪ್ರಕಟಪಡಿಸಿಲ್ಲ.

12.9 ವೈದ್ಯಕೀಯ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ

ಬೆಳಕು ಗಾಜಿನ ಎಳೆ ಮತ್ತು ತಂತುಗಳಲ್ಲಿ ತೂರಿಕೊಂಡು ಹೋಗುತ್ತದಷ್ಟೆ. ಒಂದು ತಂತುವಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ, ಅದರ ಒಂದು ಬದಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಬದಿಯಿಂದ ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಅಧ್ಯಯನವು ತಂತು ಯಂತ್ರ ವಿಜ್ಞಾನವೆಂಬ (Fibre Technology) ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಾಖೆಯಾಗಿ ಇಂದು ಬೆಳೆಯುತೊಡಗಿದೆ. ತಂತು ಮತ್ತು ಎಳೆಗಳನ್ನು ಮನುಷ್ಯನ ಅಂಗಾಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ ಶರೀರದ ಒಳಗಡೆ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಹೊರಗಿನಿಂದಲೇ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಸಾದಾ ಬೆಳಕಿನ ಬದಲು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ, ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ತವಾದ ಶಸ್ತ್ರಚಿಕಿತ್ಸೆಯನ್ನು ನಡೆಯಿಸುವಲ್ಲಿ ವೈದ್ಯರು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ.

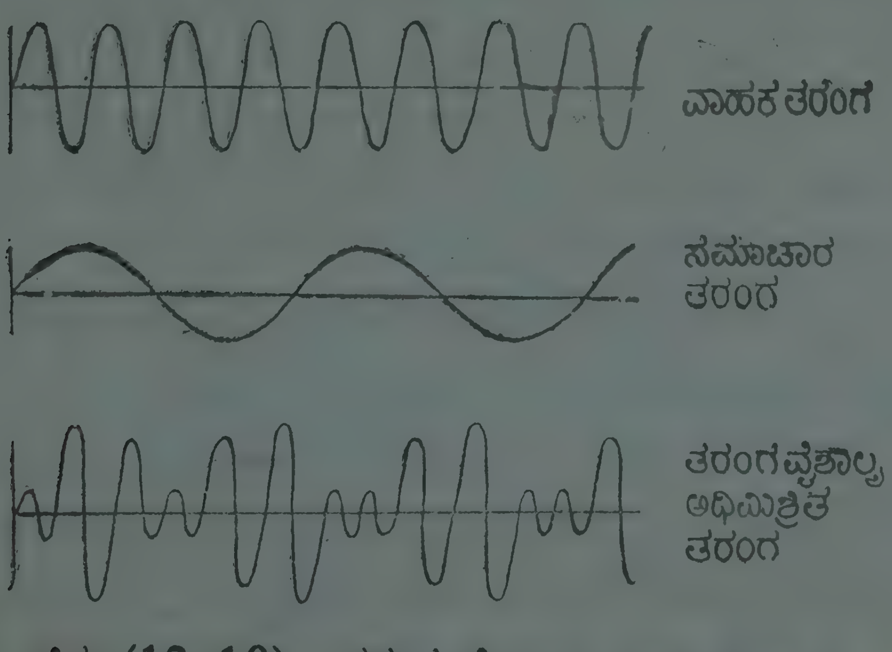
ರೂಬಿ ಲೇಸರಿನಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಒಂದು ಚದುರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಅಡ್ಡಕ್ಷೇತ್ರವಿರುವ ಶಲಾಕೆಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಒಂದು ಸಹಸ್ರವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಸಂಗಮ ದೂರದ ಗೋಲಕದಿಂದ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದರೆ, ಅದು ಒಂದು ಚುಕ್ಕಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಶಲಾಕೆಯ ಒಟ್ಟು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೆಲ್ಲ ಆ ಚುಕ್ಕೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಚುಕ್ಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದಾಗ ಅದು ಪ್ರತಿ ಚದುರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ ಹತ್ತು ಕೋಟಿ ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುವದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಈ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಡಲಾದ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವು ಕ್ಷಣಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ಆವಿಯಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಈ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಾಮಥ್ಯವು ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕ್ಷಣಿಕವಾದದ್ದೆಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹ. ಅಕ್ಷಿಪಟ (Retina) ವು ಯಾವುದೇ ಕಾರಣದಿಂದ ಹರಿದು ಹೋಗಿದ್ದರೆ, ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತಗೊಳಿಸಿ ಅದನ್ನು ಬೆಸೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಮೊದಮೊದಲು ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಸಾದಾ ಬೆಳಕನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಸಾದಾ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಅಕ್ಷಿಪಟದ ಹರಿದ ಭಾಗವನ್ನು ಬೆಸೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಬೆಳಕನ್ನು ಆ ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಸುಮಾರು ಅರ್ಧ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಷ್ಟು ಕಾಲ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಕಣ್ಣಿನ ಪ್ರಜ್ಞೆ ತಪ್ಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾದಾ ಬೆಳಕಿನ ಬದಲಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದರೆ (ಒಂದು ಜ್ಯೂಲ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಮತ್ತು ಒಂದು ಮಿಲಿಸೆಕಂಡ್ ಅವಧಿಯವರೆಗೆ ಜೀವಂತವಿರುವ) ಅದು ಒಂದು ಮಿಲಿಸೆಕಂಡಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಅಕ್ಷಿ ಪಟವನ್ನು ಬೆಸೆದು ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಕಣ್ಣು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಒಂದು ಮಿಲಿಸೆಕೆಂಡಿನಷ್ಟು ಕಾಲ ಪ್ರಜ್ಞಾಹೀನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವದರಿಂದ, ಅದನ್ನು ಕೃತ್ರಿಮವಾಗಿ ಪ್ರಜ್ಞೆ ತಪ್ಪಿಸುವ ಆವಶ್ಯಕತೆಯುಂಟಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಈ

ತತ್ವವನ್ನಾಧರಿಸಿ ನೇತ್ರ ಚಿಕಿತ್ಸೆಗೆ ಆಪ್ಥಾಲ್ಮೋಸ್ಕೋಪ್ (Opthalmoscope) ಎಂಬ ಉಪಕರಣವನ್ನು ರಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

12·10 ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧನವಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು

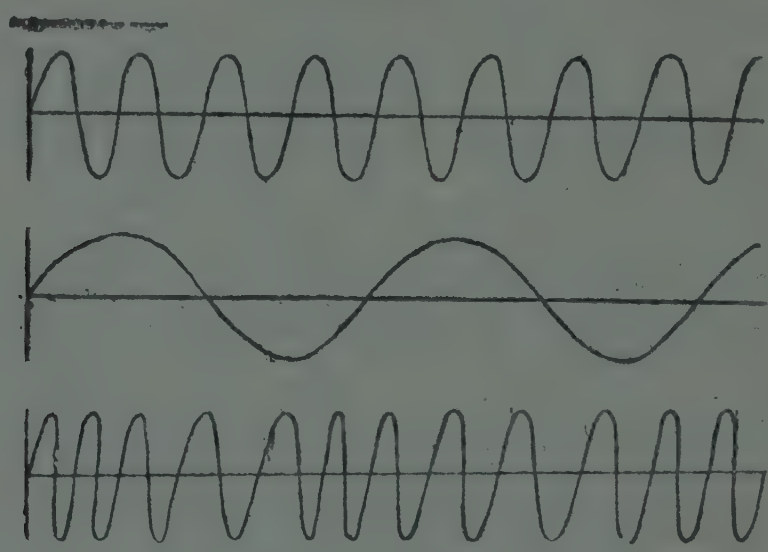
ಸಮಾಚಾರವನ್ನು ಒಂದು ಸ್ಥಳದಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸಲು ಟೆಲಿಫೋನ್, ತಾರಾಯಂತ್ರ, ರೇಡಿಯೊ ಮುಂತಾದ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿರುವದು ನಮಗೆಲ್ಲ ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಷಯ. ನಾವು ಕಳುಹಿಸಬೇಕಾದ ಸಮಾಚಾರವು ಬರೆಹವಾಗಿರಬಹುದು, ಧ್ವನಿ ಇಲ್ಲವೆ ಚಿತ್ರದ ರೂಪದಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಯಾವುದೇ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಸಮಾಚಾರವನ್ನು ಮೊದಲು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ನಂತರ ತಾರಾಯಂತ್ರ ಅಥವಾ ರೇಡಿಯೊ ಪ್ರೇಷಕದ ಮೂಲಕ ಕಳುಹಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಗ್ರಾಹಕ ಮತ್ತು ಪ್ರೇಷಕ ಹೀಗೆ ಎರಡು ಉಪಕರಣಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಸಮಾಚಾರವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದ ತರುವಾಯ, ಈ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬೇರೊಂದು ಬಗೆಯ ತರಂಗಗಳು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯುವದರಿಂದ ಆ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಾಹಕ ತರಂಗಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗವನ್ನು ವಾಹಕ ತರಂಗವು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದದ್ದು ಪ್ರೇಷಕದ ಕಾರ್ಯ. ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಅಧಿಮಿಶ್ರಣ (Modulation) ವೆಂದೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಎರಡು ಬಗೆಯ ಅಧಿಮಿಶ್ರಣಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ. (1) ತರಂಗ ವೈಶಾಲ್ಯ ಅಧಿಮಿಶ್ರಣ (2) ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯಾ ಅಧಿಮಿಶ್ರಣ. ಮೊದಲನೆಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ವಾಹಕ ತರಂಗದ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಸಮಾಚಾರದ ಸಂಕೇತಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಬದಲಾದರೆ, ಎರಡನೆಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ವಾಹಕ



ಚಿತ್ರ (12–10) ತರಂಗ ವೈಶಾಲ್ಯ ಅಧಿ ಮಿಶ್ರಣ

ತರಂಗದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಸಮಾಚಾರದ ಸಂಕೇತಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡೂ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ (12-10) ಹಾಗೂ (12-11)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ, ಹೀಗೆ ತರಂಗವನ್ನು ಅಧಿಮಿಶ್ರಿತಗೊಳಿಸುವಾಗ ಕೆಲವೊಂದು ಅನಪೇಕ್ಷಿತ ಗದ್ದಲಗಳು (noise) ಅದರಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಗದ್ದಲಗಳು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳದ ಹಾಗೆ ಅಧಿ



ಚಿತ್ರ (12–11) ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯಾ ಅಧಿ ಮಿಶ್ರಣ

ಮಿಶ್ರಿತಗೊಳಿಸಬೇಕಾದರೆ, ವಾಹಕ ತರಂಗವು ಸಂಸಕ್ತವಾಗಿರಬೇಕಲ್ಲದೆ ಏಕವರ್ಣೀಯವೂ ಆಗಿರಬೇಕು. ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧನವಾಗಿ ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದ ನಂತರ ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳ ಬದಲಾಗಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧನವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದರು. ಯಾಕೆಂದರೆ ಹೃಸ್ವ ತರಂಗದೂರದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ವಿಕಿರಣವು ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳಿಗಿಂತ ಅಧಿಕ ಸಮಾಚಾರವನ್ನು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಟೆಲಿವಿಷನ್ ತರಂಗ ಕಾಲುವೆಯ ಹರವು 4 ಮೆಗಾಸೈಕಲ್ಲುಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ವಾಹಕ ತರಂಗದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಅಧಿಮಿಶ್ರಿತ ತರಂಗದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿರಬೇಕಾದ್ದರಿಂದ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು 40 ಮೆಗಾಸೈಕಲ್ಲುಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಅಧಿಕ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಬಿತ್ತರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಸಂಸಕ್ತವಾದ ವಿಕಿರಣವು ದೊರೆತರೆ 40 ರಿಂದ 52 ಮೆಗಾಸೈಕಲ್ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಮೂರು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಬಿತ್ತರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ತರಂಗವು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯಬಹುದಾದ ಸಮಾಚಾರದ ಪರಿಮಾಣವು ತರಂಗದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮಾನುಪಾತ

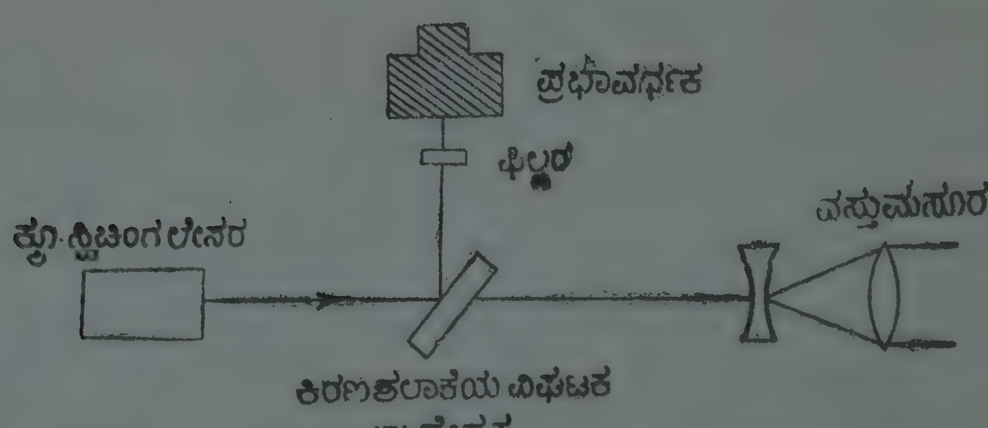
ದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸಂಸಕ್ತ ತರಂಗಗಳು ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಮಾಚಾರವನ್ನು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯ ಬಲ್ಲವು. 4000°A ದಿಂದ 7000°A ತರಂಗ ದೂರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಸಂಸಕ್ತ ಪ್ರಕಾಶದ ತರಂಗಗಳಿಂದ ಸುಮಾರು 10 ಲಕ್ಷ ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಬಿತ್ತರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಸಂಸಕ್ತವಾಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡ, ಅದನ್ನು ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧನವಾಗಿ ಬಳಸುವಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ತೊಂದರೆಗಳುಂಟು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವಾಗ, ಅದು ಚದುರುವದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಾತಾವರಣವೂ ಕೂಡ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿಗಿರುವ ಸಮಾಚಾರವನ್ನು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರಯೋಜನ ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಅಧಿಮಿಶ್ರಿತ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಕೂಡ ಸಾಕಷ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿರಬೇಕು. ಚದುರುವಿಕೆ ಮತ್ತು ವಾತಾವರಣದಿಂದಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಶೋಷಣೆ ಯನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲೋಸುಗ ನಿಯಂತ್ರಿತ ವಾತಾವರಣವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಕೊಳವೆಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಸಂಪರ್ಕ ಬೆಳಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗು ತ್ತದೆಯೋ ವಿನಃ ಬೇರೊಂದು ಗ್ರಹ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹಗಳೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕ ಬೆಳಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಸಮಾಚಾರ ಸಂಕೇತವನ್ನು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನೊಂದಿಗೆ ಎರಡು ವಿಧವಾಗಿ ಅಧಿಮಿಶ್ರಣಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಒಂದನೆಯದಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪಾ ದಿಸುವಾಗಲೇ ಅದನ್ನು ಅಧಿಮಿಶ್ರಣಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿದ ನಂತರ ಅದನ್ನು ಅಧಿಮಿಶ್ರಣಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಅರೆವಾಹಕ ಲೇಸರುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ ವಿಧಾನ ಸೂಕ್ತವಾಗಿದ್ದು, ಎರಡನೆಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶದ್ಯುತಿ (electro-optical) ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಮೋನಿಯಂ ಡೈ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಫಾಸ್ಫೇಟ್ (ADP) ಮತ್ತು ಪೊಟ್ಯಾಶಿಯಂ ಡೈ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಫಾಸ್ಫೇಟ್ (KDP) ನಂತಹ ಸ್ಫಟಿಕಗಳನ್ನು ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ 20,000 ಮೆಗಾಸೈಕಲ್ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯವರೆಗಿನ ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ಅಧಿಮಿಶ್ರಿತಗೊಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಬೆಳಕು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿಷಯ ನಮಗೆಲ್ಲರಿಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಬೆಳಕಿನ ದಂಡವು ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ದೂರ ಚಲಿಸಿದಂತೆ ಅದರ ಅಗಲವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗು ತ್ತದೆ. ಸಮತಲ ತರಂಗಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ವಿಕಿರಣದ ದಂಡದ ಅಗಲವು $d^2/4\lambda$ ದೂರದ ವರೆಗೆ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. d ಆಕಾರದ ವ್ಯಾಸ, λ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗ ದೂರವಿರುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟು ದೂರ ಚಲಿಸಿದ ನಂತರ ವಿಕಿರಣವು ಶಂಕುವಿನಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಶಂಕುವಿನ ಶೃಂಗಕೋನವು λ/d ಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. 10 ಅಡಿ ವ್ಯಾಸದ ರೇಡಿಯೋ ಆಕರದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ

ಮತ್ತು ಎರಡು ಅಂಗುಲ ತರಂಗ ದೂರವಿರುವ ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವಾ. ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಈ ತರಂಗವು ಅತೀ ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ 100 ಅಡಿಗಳಷ್ಟು ದೂರ ಚಲಿಸುವವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಅದರ ಅಗಲವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ತರಂಗವನ್ನು ಬಿತ್ತರಿಸಿದಾಗ, ಪ್ರೇಷಕದಿಂದ 20 ಮೈಲು ದೂರವಿರುವ ಗ್ರಾಹಕದಲ್ಲಿ ಪಡೆದ ತರಂಗದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಪ್ರೇಷಕದಿಂದ ಕಳುಹಿಸಿದಾಗಿನ ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ 10^{-5} ಪಟ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗದ ಬದಲಾಗಿ 6300°A ತರಂಗ ದೂರದ, 2 ಅಂಗುಲ ಅಗಲವಾದ ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ಬಿತ್ತರಿಸಿದಾಗ ಅದು 0.6 ಮೈಲು ದೂರದವರೆಗೆ ವಿಸ್ತಾರ ಹೊಂದದೇನೇ ಚಲಿಸಬಲ್ಲದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ದಂಡದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಮೊದಲಿನ 10^{-5} ಪಟ್ಟಿಗೆ ಇಳಿಯುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಅದು ಸಾಕಷ್ಟು ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ.

12·11 ಪವನ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ

ಹವಾಮಾನ ನಿರೀಕ್ಷಣೆಗಾಗಿ 'ಲೈಡರ್' ಎಂಬ ಹೊಸ ಉಪಕರಣದ ಆವಿಷ್ಕಾರವಾಗಿದೆ. ಲೈಡರ್ ಇದು "Light Detection and Ranging" ಎಂಬ ಆಂಗ್ಲಭಾಷಾ ಪದಸಮುಚ್ಚಯದ ಪ್ರಥಮಾಕ್ಷರಗಳನ್ನಾಯ್ದುಕೊಂಡು ರಚಿಸಲಾದ ಹ್ರಸ್ವರೂಪ. ಈ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಮೋಡಗಳ ದೂರ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಆಂತರಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಅಧಿಕ ತೀವ್ರತೆ, ಏಕವರ್ಣಕತ್ವ, ಸಂಸಕ್ತತೆ, ಹ್ರಸ್ವ ಸ್ಪಂದನೆ ಈ ನಾಲ್ಕು ಪ್ರಮುಖ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಲೈಡರಿನಲ್ಲಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿಗಿರುವ ಅಧಿಕ ತೀವ್ರತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಅದಕ್ಕಿರುವ ಏಕವರ್ಣಕತ್ವದ ಕಾರಣದಿಂದ ಈ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಸೂರ್ಯ ಪ್ರಕಾಶದಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕು ಸಂಸಕ್ತವಾಗಿರುವದರಿಂದ ಒತ್ತಾದ ಕಿರಣ



(a) ಪ್ರೇಷಕ

ಚಿತ್ರ (12–12 a)



ಚಿತ್ರ (12–12 b)

ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಪ್ರಕಾಶ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಚಿಕ್ಕದಾದ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಲೇಸರ್ ತೆನೆಯ ಆಯುರ್ಮಾನ ಕೇವಲ 10^{-9} ಸೆಕೆಂಡುಗಳಷ್ಟಿರುವುದರಿಂದ ಉತ್ತಮ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿವಿಕ್ತೀಕರಣವನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ತತ್ವಗಳ ಮೇಲೆ ರಚಿಸಲಾದ ಲೈಡರಿನ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ [12–12 (a)] ಮತ್ತು [12–12 (b)]ಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಭಾಗಗಳುಂಟು. ಒಂದು ಪ್ರೇಷಕ, ಇನ್ನೊಂದು ಗ್ರಾಹಕ. ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳನ್ನು ಪ್ರೇಷಕದ ಮೂಲಕ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗುರಿಯೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಗುರಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬರುವ ಲೇಸರ್ ತೆನೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಸೂರ್ಯ ಪ್ರಕಾಶವೂ ಸೇರಿಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ಗ್ರಾಹಕದೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದಾಗ ಗ್ರಾಹಕವು ಗುರಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸಾಕಷ್ಟು ವಿವರಣೆ ನೀಡುತ್ತದೆ.

12·12 ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಅಣುಗಳ ರಚನೆ, ರಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸ್ವರೂಪ ಮುಂತಾದ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಶಾಖವನ್ನು ಒದಗಿಸಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಮಿಶ್ರಣದ ಮೇಲೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಅನೇಕ ಅನಿಲಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ ಉಳಿದ ಅನಿಲಗಳ ಮೇಲೆ ಏನೂ ಪರಿಣಾಮವಾಗದಂತೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಐಸೋಟೋಪ್‌ಗಳನ್ನು ವಿಂಗಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಅಮೇರಿಕೆಯ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾದ ಏರೋಸ್ಪೇಸ್ ಕಾರ್ಪೊರೇಷನ್ನಿನ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಮೇಯರ್, ಕ್ವಾಕ್, ಗ್ರಾಸ್ ಮತ್ತು ಸ್ಪೆನ್ಸರ್

ಎಂಬ ನಾಲ್ವರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 1970 ರಲ್ಲಿ ಡ್ಯುಟಿರೊ ಮೆಥೆನಾಲ್‌ದಿಂದ ಮೆಥೆನಾಲನ್ನು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದರು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಬ್ರೊಮಿನ್ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿರುವ ಬ್ರೊಮಿನ್ ಐಸೊಟೋಪ್‌ಗಳನ್ನು (Br^{81} ಮತ್ತು Br^{79}) ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು 1960 ರಲ್ಲಿ ನಡೆಯಿಸಲಾದ ಪ್ರಯತ್ನವು ಅಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಲೇಸರಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರವಾಗಿ ಕೆಲವೇ ಕಾಲವಾದ್ದರಿಂದ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಲೇಸರಿನ ಬೆಳಕು ಆಗ ಲಭ್ಯವಿರಲಿಲ್ಲ. 1970ರ ವೇಳೆಗೆ ಲೇಸರ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಬೆಳವಣಿಗೆ ನಡೆದು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲ ಲೇಸರುಗಳನ್ನು ಕಟ್ಟಲಾಯಿತು. ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಫ್ಲೊರೈಡ್ ಲೇಸರನ್ನು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಬಳಸಿದರು. ಅವರು ಮೆಥೆನಾಲ್ ಮತ್ತುಡ್ಯುಟಿರೊ ಮೆಥೆನಾಲ್ ಎರಡೂ ಸಮಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬೆರೆತ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರಲ್ಲಿ ಮೆಥೆನಾಲ್ ಮಾತ್ರ ಬ್ರೊಮಿನ್‌ದೊಡನೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗೊಳಗಾಗುವಂತೆ, ಅದನ್ನು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಉದ್ರೇಕಿಸಿದರು. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆದ ತರುವಾಯ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಶತ 95 ರಷ್ಟು ಡ್ಯುಟಿರೊ ಮೆಥೆನಾಲ್ ಹಾಗೂ 5 ರಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಮೆಥೆನಾಲ್ ಇದ್ದುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟು ಆ ವಿದ್ಯಮಾನದಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆದಿರಬಹುದೆಂದು ತರ್ಕಿಸಲಾಗಿದೆ.

$$H_3COH + Br_2 \longrightarrow 2HBr + H_2\,CO$$

ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಮತ್ತು ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂಗಳ ಭಾರಗಳಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅಧಿಕವಾದುದರಿಂದ ಈ ವಿಂಗಡಣೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತೆಂದು ಆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ.

12.13 ಕೆಲ ಇತರ ಉಪಯೋಗಗಳು

ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದಾಗ, ಆ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಶಾಖವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರಿಂದ ದಪ್ಪನಾದ ಉಕ್ಕಿನ ತಗಡುಗಳಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರ ಕೊರೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. 0.0005 ಅಂಗುಲ ಉದ್ದವಿರುವ ತಂತಿಗಳನ್ನು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಬೆಸುಗೆ ಹಾಕಬಹುದು. ತೆಳುವಾದ ಪರೆಗಳನ್ನು ಬೆಸೆಯಬಹುದು. ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸುಮಾರು 20,000 ಅಂಪಿಯರ್ / ಸೆಂ. ಮೀ^{2} ಸಾಂದ್ರತೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನುತ್ಪಾದಿಸಲಾಗಿದೆ. ಲೇಸರಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರಕ್ಕಿಂತ ಮುಂಚೆ ಹವೆಯು ದೂಷಿತವಾಗಿರುವದನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು, ಹವೆಯನ್ನು ಒಂದು ಜಾಡಿಯಲ್ಲಿ ತುಂಬಿಕೊಂಡು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗಿ ಅಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ರೀತ್ಯಾ

ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಾಯುವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋದಬಳಿಕ ಆ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ವಾಯು ದೂಷಿತಗೊಳ್ಳುವ ಸಂಭವವೂ ಉಂಟು. ಆದರೆ ಅದರ ಬದಲಾಗಿ ವಾಯುವನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿರಿಸಿಕೊಂಡು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ರಾಮನ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನಭ್ಯಸಿಸಿ, ಆಯಾ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಯೇ ವಾಯು ದೂಷಿತವಾಗಿದೆಯೋ ಅಥವಾ ಆಗಿಲ್ಲವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ರಾಮನ್ ಚದುರುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಸಲ್ಫರ್ ರೇಖೆಗಳು ಕಂಡುಬಂದರೆ ಆ ವಾಯುವು ಸಲ್ಫರಿನಿಂದ ಕೂಡಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಯುದ್ಧತಂತ್ರದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಲೇಸರಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಹತ್ವ ಬಂದಿದೆ. ಅಮೇರಿಕೆಯು ಉತ್ತರ ವಿಯಟ್ನಾಮಿನಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ನಿರ್ದೇಶಿತ ಬಾಂಬು ದಾಳಿಯನ್ನು ಕೈಕೊಂಡಿತು. ಈ ಬಗೆಯ ಬಾಂಬು ದಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಮಾನಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವಿಮಾನ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸಿದರೆ, ಇನ್ನೊಂದು ವಿಮಾನ ಬಾಂಬುಗಳನ್ನೆಸೆಯುತ್ತದೆ. ನಿಶ್ಚಿತವಾದ ಗುರಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಬಂದ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಬಾಂಬ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಉಪಕರಣವು ಗುರುತಿಸುವದರಿಂದ, ಬಾಂಬು ನೇರವಾಗಿ ಗುರಿಯ ಮೇಲೆರಗುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಿಮಾನಗಳ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿ ವಿಮಾನಗಳನ್ನೇ ಸುಟ್ಟುಹಾಕಬಹುದಾಗಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಈ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಮೃತ್ಯುಕಿರಣಗಳೆಂಬ ಇನ್ನೊಂದು ಹೆಸರು ಬಂದಿದೆ.

ಕಂಪ್ಯೂಟರ್ ಮತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ತೀರ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಬೆಸೆಯಲು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಜೈವಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳ ಉಪಯೋಗವಾಗಿದೆ. ಚಿಕ್ಕದಾದ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ, ವ್ಯತಿಕರಣ, ವಿವರ್ತನಗಳಂತಹ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ತೋರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಕೋಶ

ಅ

ಅಧಿಮಿಶ್ರಣ Modulation
ಅರೆವಾಹಕ Semi-conductor
ಅವಾಹಕ Insulator
ಅಂತರ್ಗತ ವಾಹಕತ್ವ Intrinsic conductivity
ಅಡ್ಡಕ್ಷೇತ್ರ Cross section
ಅಂಶತಃ ಒತ್ತಡ Partial pressure
ಅಸಂಕೋಚನೀಯತ್ವ Incompressibility
ಅಯಾನೀಕರಣ Ionisation
ಅನುನಾದ ಕುಹರ Resonant cavity
ಅವಸ್ಥೆ Phase

ಆ

ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ Frequency
ಆಗಂತುಕ Extrinsic
ಆಯಾಮ Dimension
ಆವರ್ತಜನಕ Oscillator

ಇ

ಇಂಧನ Fuel
ಇಂದ್ರನೀಲ Sapphire

ಉ

ಉದ್ರೇಕಗೊಳಿಸು Excite
ಉಷ್ಣಕ್ಷೇಪಕ Exothermic

ಏ

ಏಕವರ್ಣಕ Monochromatic
ಏಕವರ್ಣತ್ವ Monochromaticity

ಔ

ಔಷ್ಣಿಕ ಸಮತೋಲನೆ Thermal equilibrium
ಔಷ್ಣಿಕ ಬಲ Thermal force

ಕ

ಕವಚ Shell
ಕಾಂತೀಯ ಗುಳಿ Magnetic well
ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆ Efficiency
ಕ್ವಾಂಟೀಕೃತ Quantised
ಕ್ರಿಯಾಭಾಗಿ Reactant
ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರ Mechanism
ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕ Catalyst
ಕ್ರಿಯಾಗಾರ Reactor
ಕೃಷ್ಣಕಾಯ Black body
ಕೋನಾವೇಗ Angular momentum

ಗ

ಗೋಲಕ Lens

ಜ

ಜಡಾನಿಲ Inert gas

ತ

ತರಂಗಾಂಕ Wave number
ತಾಡಿಸು Bombard
ತೆನೆ Pulse
ತಂಪುಕಾರಿ Coolant

ದ

ದರ ಸಮೀಕರಣ Rate equation
ದಾತೃ Donor
ದಿಷ್ಟಕ Detector
ದ್ಯುತಿ ಮಾಧ್ಯಮ Optical medium
ದ್ಯುತಿ ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಯ ಮಟ್ಟ Degree of optical perfection
ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮ Photoelectric effect
ದ್ಯುತಿ ಸ್ಥಾನಾಭಾಸ Optical parallax

ನ

ನಿವಿಷ್ಟ Output
ನಿಶ್ಚೇಷ್ಟಿತಗೊಳಿಸು Deactivate

ಪ

ಪ್ರಚೋದಿತ Stimulated
ಪಟ್ಟಿ Band
ಪರೋಕ್ಷ ಅವಕಾಶ Indirect gap
ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಅವಕಾಶ Direct gap
ಪರಿಚಲಿಸು Circulate
ಪ್ರತಿದೀಪ್ತಿ Phosphorescence
ಪ್ರಪಾತ Cascade
ಪ್ರವರ್ಧನೆ Amplification
ಪ್ರಾಚಕ Parameter
ಪೂರ್ಣಾಂತರಿಕ ಪ್ರತಿಫಲನ Total internal reflection
ಪ್ರೇಷಕ Transmitter

ಬ

ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವ Exclusion Principle
ಬಹುಮುಖ ಘನಾಕೃತಿ Polyhedron
ಬಿಲ್ಲೆಯ ವರ್ಧಕ Disc amplifier

ಮ

ಮಿತ ಸ್ಥಿರಮಟ್ಟ Metastable state
ಮುಕ್ತಿಕವಚ Solvation shell

ಯ

ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ Random

ರ

ರೋಹಿತ ದರ್ಶಕ Spectrograph

ವ

ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕ Refractive index
ವರ್ಣಕೋಶ Dye cell
ವರ್ಣದ ಅಣುಗಳು Dye molecules
ವರ್ಣದ್ರವ್ಯ Pigment
ವ್ಯತಿಕರಣ Interference
ವಿವರ್ತನೆ Diffraction
ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗ Electromagnetic wave
ವಿಕರ್ಷಣ ಬಲ Force of repulsion
ವಿಕಿರಣಾತ್ಮಕವಲ್ಲದ Non-radiative
ವಿದ್ಯುದ್ವಿಧ್ರುವ Electric dipole
ವಿಘಟಿಸು Dissociate
ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಸ್ಥಿರಾಂಶ Dielectric constant
ವಿಸ್ತೃತ Diffused

ಶ

ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟ Energy level
ಶೃತಿಗೊಳಿಸುವಿಕೆ Tuning
ಶೃಂಗ Peak

ಸ

ಸರಳ ಸಂಗತ ಚಲನೆ Simple harmonic motion
ಸಹಜ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ Spontaneous emission
ಸಹಜ ವಿತರಣೆ Normal distribution
ಸರಳರೇಖೆಯ ಅಣು Linear molecule
ಸಮರೂಪ Uniform
ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆ Survey
ಸರಳು Rod
ಸರಾಸರಿ ಮುಕ್ತ ಪಥ Mean free path
ಸ್ಫಟಿಕ ಜಾಲ Crystal lattice
ಸ್ಥಾಯೀಕಕ್ಷೆ Stable orbit
ಸಾವಯವ Organic
ಸಾರತೆ Concentration
ಸೀಳು ರಂಧ್ರ Slit
ಸ್ವೀಕಾರಕ Acceptor
ಸ್ಫುರಣ ದೀಪ Flash lamp
ಸೋಸುಯಂತ್ರ Filter
ಸಂಕ್ರಮ Transition
ಸಂದಣಿ ವಿಪರ್ಯಯ Population inversion
ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ Valency
ಸಂಧಿಸ್ಥಾನ Junction
ಸ್ಪಂದಿತ Pulsed
ಸಂಸಕ್ತತೆ Coherence
ಸಂಘಟ್ಟನೆ Collision
ಸಂಮಿತಿ ವಿಸ್ತರಣ ಕ್ರಮ Symmetrical stretch mode
ಸಂವೇದಿಯಾಗಿರು Sensitive

ಸಂವಹನ Convection
ಸಂಕೇತ ತರಂಗ Signal wave
ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿ Fusion energy
ಸಂಸ್ಕರಿಸು Develop

ಹ

ಹರವು Width
(line width ರೇಖೆಯ ಹರವು)
ಹಿರಿಗೆಂಪು Infrared

ಕ್ಷ

ಕ್ಷೋಭೆ Disturbance

ಗ್ರಂಥ ಋಣ

1 ALEXANDER LIMPICKI and HAROLD SAMELSON, *Liquid Lasers*, Scientific American, June 1967.

2 ARTHUR ASKIN, *Pressure of Laser light*, Scientific American, February, 1972.

3 BIRNBAUM, G. *Optical Masers*, Academic Press Inc., New York.

4 BROTHERTON, *Lasers and Masers.*

5 HEAVENS, O. S. *Optical Masers*, Methuen.

6 JAMES E. FALLER and E. JOSEPH WAMPLER *The Lunar Laser Reflector*, Scientific American, March 1970.

7 JOHN L. EMMETT, *Frontiers of Laser Development*, Physics Today, March 1971.

8 JOHN A. ARMSTRONG, *Applications in Physics Research*, Physics Today, March 1971.

9 KHAMBATTY, M. B., M. V. G. MENON & OTHERS, *Taming the death ray*, Science Today, October 1966.

10 L. A. D 'ASARO and JOSE' E. RIPPER, *Junction Laser*, Physics Today, March 1971

11 MELIA T. P. *An Introduction to Masers and Lasers.*

12 MICHEL KENWARD, *A Coherent approach to ion lasers*, New Scientist, 22nd April 1971.

13 MOSHE, J. LUBIN and ARTHUR. P. FRAAS, *Fusion by Laser*, Scientific American, June 1971.

14 PATEL, C. K. N. *High Power Carbon Dioxide Laser*, Scientific American, August 1968.

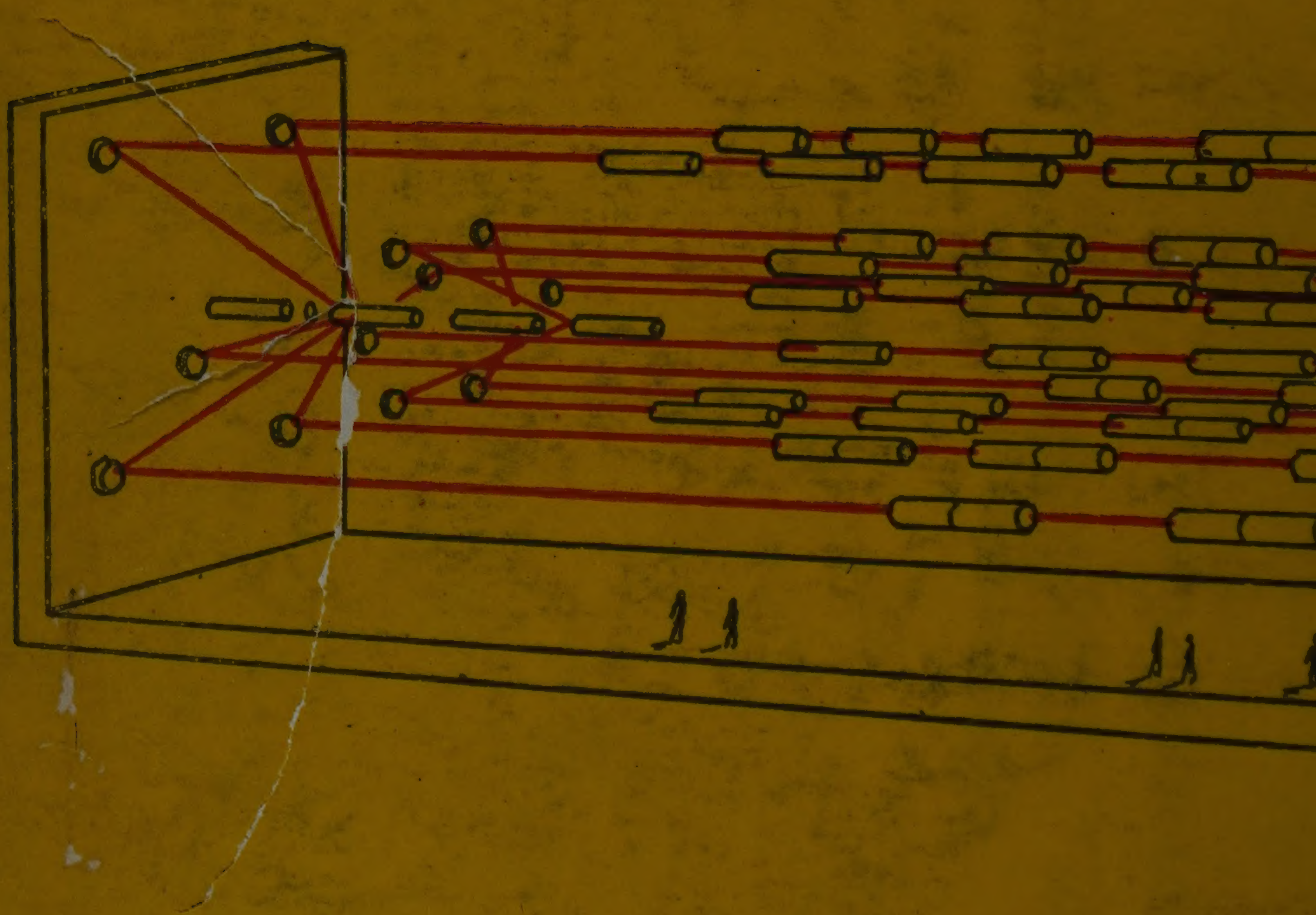
15 PETER SOROKIN *Organic Lasers*, Scientific - American, February 1969.

16 SCOVIL, *Optical Masers*, Reports on Progress in Physics, Vol. XXVII. 1964.

17 SAMUEL L. MARSHALL, *Laser Technology and its Applications*.

18 STACY V. JONES, *Laser beam printing*, Science Digest, February 1969.

* * *



ರಜತ ವರ್ಷದ ಪ್ರಕಟನೆ